

EVO

EFFICIENCY VALUATION ORGANIZATION



Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance

Conceitos e Opções para a Determinação
de Economias de Energia e de Água
Volume 1

Preparado pela Efficiency Valuation Organization
(Organização para a Avaliação de Eficiência)
www.evo-world.org

Janeiro de 2012

EVO 10000 – 1:2012 (Br)

Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance

Conceitos e Opções para a Determinação de
Economias de Energia e de Água
Volume 1

Preparado pela Efficiency Valuation Organization
(Organização para a Avaliação de Eficiência)
www.evo-world.org

Janeiro 2012

EVO 10000 – 1:2012 (Br)



A visão da EVO

Um mercado global que avalie corretamente a utilização eficaz dos recursos naturais e use opções de eficiência na sua utilização final como alternativa viável às opções de suprimento de energia

A missão da EVO

Desenvolver e promover a utilização de protocolos normalizados, métodos e ferramentas para quantificar e gerir os riscos da performance e benefícios, associados às transações de negócios relacionadas com eficiência energética nos usos finais de energia; energias renováveis; e consumo eficiente de água.

Caros leitores,

Em face do fato de que o mundo está começando a reconhecer a eficiência energética como fundamental para bom gerenciamento do meio ambiente, a importância de possuir documentação adequada nunca foi tão grande. Certamente é interesse de todos que as economias previstas sejam alcançadas e adequadamente relatadas.

Notadamente:

- os **usuários de energia** necessitam de procedimentos robustos para verificar a consecução dos objetivos da sua política energética, e para obter ou manter uma certificação ISO 50001 das práticas gerenciais adotadas;
- os **potenciais compradores de produtos e de serviços energeticamente eficientes** querem saber se essas potenciais compras já provaram ser eficientes, usando métodos largamente reconhecidos;
- os **compradores efetivos de produtos e de serviços energeticamente eficientes** precisam avaliar com precisão a eficiência de suas compras para ajudar a determinar o real desempenho e informar sobre futuras compras;
- os **governos e concessionárias de energia** necessitam saber que as economias anunciadas pelos diversos programas de eficiência são fundamentadas em medições de campo executadas de acordo com um protocolo aceito por todos.

Basicamente, o conhecimento de que as economias de energia podem ser relatadas de forma transparente é vital para a aceitação das propostas de uso eficiente.

A EVO é a única organização dedicada a fornecer ferramentas para este propósito. Esta sétima edição do PIMVP **fornece transparência aos relatórios de economia**, já que congrega as melhores práticas em todo o mundo. A EVO também publica o IEEFP (Protocolo Internacional para Financiamento de Eficiência Energética), que ajuda os investidores em eficiência energética a identificar e a investir em projetos de economia de energia e custos corretamente gerenciados.

A gama de opções de *M&V* presente no PIMVP permite aos profissionais a seleção do Plano de *M&V* mais adequado aos seus projetos em indústrias ou edifícios, inspirando confiança naqueles que se beneficiarão dos ganhos financeiros ou ambientais. São preceitos fundamentais do PIMVP, a definição clara dos termos e a ênfase em métodos consistentes e transparentes. Sabendo-se que os detalhes da ação de eficientização energética são típicos de cada projeto, a flexibilidade inerente ao PIMVP permite sua aplicação com sucesso em qualquer tipo de ação, em milhares de projetos e programas, grandes e pequenos, ao redor do mundo.

O PIMVP é resultado do trabalho de numerosos voluntários e patrocinadores, listados aqui e nas edições anteriores. Quero agradecer a todos que estão relacionados nos Agradecimentos. Você pode participar deste grupo único de profissionais, apresentando suas ideias, participando do Comitê da EVO ou ajudando a financiar o movimento como subscritor. Encorajo todos os leitores a fornecer comentários, de forma que possamos melhorar continuamente (e-mail para: ipmvprev@evo-world.org).

John Cowan

Presidente

Toronto, Canadá

Sumário	i
Agradecimentos	v
Alterações Nesta Edição	vii
Prefácio	viii
Organização deste Documento	viii
EVO e PIMVP	ix
Publicações atuais da EVO	ix
História das edições anteriores	x
Formação e Certificação.....	x
Futuros Planos da EVO	xi
Capítulo 1 Introdução ao PIMVP	1
1.1 Objetivos e Âmbito do PIMVP	1
1.2 Vantagens da utilização do PIMVP.....	1
1.3 Relação do PIMVP com outras diretivas de <i>M&V</i>	2
1.4 Quem utiliza o PIMVP?.....	2
Capítulo 2 Definição e Objetivos da <i>M&V</i>	4
2.1 Objetivos da <i>M&V</i>	5
Capítulo 3 Princípios de <i>M&V</i>	7
Capítulo 4 Estrutura e Opções do PIMVP	8
4.1 Introdução.....	8
4.2 Terminologia da Energia, da Água e da Demanda	9
4.3 A Conceção e o Processo de Relatar a <i>M&V</i>	9
4.4 Verificação Operacional.....	10
4.5 Verificação das Economias	11
4.6 Visão Geral das Opções do PIMVP	17
4.7 Opções A & B: Medição Isolada das AEEs.....	19
4.8 Opção C: Toda a instalação.....	27
4.9 Opção D: Simulação calibrada	30

4.10 Guia de Seleção de opções.....	35
4.11 A Persistência das Economias	38
Capítulo 5 Conteúdo do Plano de M&V.....	39
Capítulo 6 Relatório de M&V.....	42
Capítulo 7 Adesão ao PIMVP	43
Capítulo 8 Outras Questões Comuns de M&V.....	44
8.1 Aplicação dos preços da energia	44
8.2 Ajustes da linha de base (<i>não de rotina</i>).....	45
8.3 O papel da incerteza (Precisão).....	46
8.4 Custo	47
8.5 Equilibrar a incerteza e o custo	49
8.6 Verificação por um verificador independente.....	50
8.7 Dados para o mercado de emissões	51
8.8 Condições de funcionamento mínimo	52
8.9 Dados climáticos	52
8.10 Padrões mínimos de energia	52
8.11 Questões relativas à medição.....	52
8.12 Dígitos Significativos	55
Capítulo 9 Definições.....	58
Capítulo 10 Referências	62
10.1 Outros recursos de organizações	66
10.2 Referências metrológicas	67
10.3 Referências sobre calibração	68
10.4 Normas Européias e Internacionais sobre Eficiência Energética em Edifícios.....	68
Apêndice A Exemplos	70
A-1 Introdução	70
A-2 Melhoria da eficiência de uma motobomba – Opção A.....	70
A-3 Eficiência da iluminação – Opção A.....	73
A-4 Gestão de fugas de ar comprimido – Opção B	78
A-5 Melhoria do conjunto turbina/gerador – Opção B	79

A-6	Melhoria da eficiência da caldeira – Opção A.....	80
A-7	Múltiplas AEEs com dados medidos da linha de base – Opção C.....	82
A-8	Múltiplas AEEs em um edifício sem medidores de energia durante o período da linha de base – Opção D	85
A-9	Novo edifício concebido melhor do que as normas – Opção D.....	88
Apêndice B Incerteza		90
B-1	Introdução.....	90
B-2	Modelagem.....	94
B-3	Amostragem	100
B-4	Medição.....	102
B-5	Combinação dos componentes de incerteza	103
B-6	Exemplo de uma análise de incerteza.....	107
Apêndice C Material Específico Regional.....		109
C-1	United States of America - April 2007, updated October 2011	109
C-2	France - Juillet 2009	111
C-3	España - 2009	111
C-3.1	Catalunya - Setembro 2010	113
C-4	Romania - July 2010	113
C-5	Bulgaria - July 2010.....	115
C-6	Czech Republic - September 2010.....	115
C-7	Croatia - September 2010.....	116
C-8	Poland - September 2010	117
Apêndice D Quem Usa o Pimvp.....		118
D-1	Contratantes de desempenho energético e os seus clientes de edifícios	118
D-2	Contratantes de desempenho energético e seus clientes de processos industriais	119
D-3	Consumidores de energia industriais e prediais que fazem a própria racionalização.....	120
D-4	Gestores de instalações que prestam contas por variações de orçamento de energia/água	121
D-5	Técnicos de concepção de novos edifícios.....	121
D-6	Projetistas de novos edifícios que procuram reconhecimento para seus próprios projetos sustentáveis	122
D-7	Gerentes de edifícios existentes que procuram reconhecimento para a qualidade ambiental da operação dos sistemas do prédio	122
D-8	Técnicos de concepção e gestores de programas regionais de eficiência	122
D-9	Promotores de projetos de consumo eficiente de água.....	123

D-10 Esquemas de mercado de emissões.....	123
D-11 Usuários de energia que visam Certificação pela ISO 50001.....	123
Índice remissivo	124

O PIMVP é primariamente mantido pelos voluntários relacionados a seguir. A EVO reconhece o trabalho destes colaboradores, ao receber seus comentários e alterações propostos para a Edição 2012. A EVO também agradece o apoio e o comprometimento dos empregadores de todos estes voluntários.

Diretoria da EVO (2012)

John Cowan, Chair (Canada), Environmental Interface Limited
 Thomas Dreessen, Vice Chair (USA), EPS Capital
 John Stephen Kromer, Treasurer and Immediate Past Chair (USA), Independent Consultant
 Anees Iqbal, Secretary (UK), Maicon Associates Ltd.
 Timothy Hui (China), EcoTech International (ETI)
 Jin Ruidong (China) China National Center for Housing and Settlement Department
 Patrick Jullian (France), GIMELEC
 Satish Kumar (India), Schneider-Electric
 Pierre Langlois (Canada), Econoler
 Tienan Li (China), Center for Industrial Energy Efficiency (CIEE)
 Steve R. Schiller (USA), Schiller Consulting Inc.

Comitê do PIMVP (2012)

David Jump, Chair (USA) Quantum Energy Services & Technologies, Inc (QuEST)
 Ellen Franconi, Vice-Chair (USA), Rocky Mountain Institute
 Thomas Adams (USA), AFCESA
 Raja Chirumamilla (USA), Sain Engineering Associates, Inc.
 LJ Grobler (South Africa), Energy Cybernetics Pty Ltd.
 Sami Khawaja (USA), Cadmus Group Inc.
 David Korn (USA), Cadmus Group Inc..
 Ken Lau (Canada), BC Hydro
 Daniel Magnet (Switzerland), IBTECH
 Fernando CS Milanez (Brasil, Instituto Nacional de Eficiência Energética- INEE)
 Tracy Phillips (USA), 7th Gen Energy Solutions
 Phil Voss (USA) National Renewable Energy Laboratory
 Kevin Warren (USA), Warren Energy Engineering
 Lia Webster (USA), Portland Energy Conservation Inc. (PECI)
 Raj Khilnani (India), Freelance Energy Consultant
 Shankar Earni (USA), Lawrence Berkeley National Laboratory
 Vilnis Vesma (UK), Degree Days Direct Limited
 Max Zhang (China), SGS-CSTC Standards Technical Services CO., Ltd.

Subcomitê do Plano de M&V (2012)

Shankar Earni, Chair (USA), Lawrence Berkeley National Laboratory
 Ellen Franconi, Vice-Chair (USA), Rocky Mountain Institute

Salil Gogte (USA), Nexant Inc.

David Korn (USA), Cadmus Group Inc.

Colaboradores do IPMVP

Jeff Haberl (USA), Texas Agricultural and Mechanical University

John Stephen Kromer (USA), Independent Consultant

Steven R. Schiller (USA), Schiller Consulting Inc.

A EVO também agradece aos seus inúmeros assinantes individuais ao redor do mundo, bem como às instituições assinantes (também encontrados em www.evo-world.org):

ADENE – Agência para a Energia (Portuguese Energy Agency)

BC Hydro

Bonneville Power Administration

Dana Energy Services Company (DESCO)

EDF Electricite de France

Energy Decisions Pty Ltd.

EEVS – Energy Efficiency Verification Specialists

EU.BAC – European Building Automation and Controls Association

Gas Natural Fenosa

HEP-ESCO d.o.o.

ITE – Instituto de Tecnologias Elétrica Nexant, Inc.

Navigant Consulting Inc.

North American Energy Standards Board

Ontario Power Authority

Quantum Energy Services & Technologies, Inc.

Sabien Technology Ltd.

San Diego Gas & Electric Company

Schneider Electric

Services Industriels de Genève

SGS-CSTC Standards Technical Services Co., Ltd, China

Southern California Edison

Taiwan Green Productivity Foundation (TGPF)

Université de Genève

Vanguards Power (Hong Kong) Limited

Versão Brasileira de 2012

A presente versão brasileira foi elaborada com o patrocínio da Empresa UTE Norte Fluminense, cujo apoio muito agradecemos.

A tradução foi feita por Fernando C S Milanez e revisada por Agenor Gomes Pinto Garcia. Ambos agradecem quaisquer contribuições que possam melhorar esta edição – críticas, comentários, sugestões, dúvidas, etc. sobre conteúdo, termos, formato, etc. que deverão ser enviadas, mesmo em português, para evo.central@evo-world.org.

Nesta edição, a tradução do termo “*baseline*” do original inglês foi modificada para “linha de base”, ao contrário do termo “referência” das outras edições, para compatibilizar com a nomenclatura da ABNT NBR ISO 50001 (2011), item 3.6.

A Edição de 2012 altera a edição de 2010 nos seguintes pontos:

1. Adiciona conteúdo ao Apêndice C-1 EUA. Todas as referências à ASHRAE foram transferidas para este Apêndice;
2. Transfere as descrições detalhadas de Quem Utiliza o PIMVP (Capítulo 1.4) para o Apêndice D;
3. Altera formalmente os requisitos nos Capítulos 4 e 5 para incluir a “*verificação operacional*” adicionalmente à “*verificação das economias*”. Os Capítulos 4.4, 4.5 e 4.6 anteriores foram incorporados ao novo Capítulo 4.5 – Verificação das Economias, com a consequente renumeração das demais seções do Capítulo 4;
4. Introduce o conceito de “necessidades em *M&V* do proprietário do projeto” no Capítulo 4;
5. Adiciona a definição de linha de base para nova construção;
6. Define melhor o significado das equações 1f) e 1g) no Capítulo 4.9.3;
7. Adiciona o conceito de *M&M* (Monitoramento e definição de Metas) e sua relação com a *M&V*. A referência é feita na nova Seção 4.11, em Persistência das Economias;
8. Torna mais claros, no Apêndice B, os conceitos da Estatística e da Incerteza;
9. Executa correções de tipografia e de palavras, e atualiza as referências feitas para esta edição do PIMVP;
10. Anexa a Seção Catalã ao Apêndice C-3 Espanha.

Organização deste Documento

O Volume I do Protocolo Internacional de Medição e Verificação do Desempenho Energético (PIMVP) Volume I é um documento de apoio que descreve as práticas comuns de medição, cálculo e relatório de economia, obtidas por projetos de eficiência energética ou de consumo eficiente de água nas instalações do usuário final. O PIMVP apresenta uma estrutura e quatro opções de medição e verificação (*M&V*), para avaliar de forma transparente, segura e consistente a economia obtida por um projeto. As atividades de *M&V* incluem estudos no local; medição de energia ou de água; monitoramento de variáveis independentes, cálculos e apresentação de relatórios. Quando aderem às recomendações do PIMVP, estas atividades de *M&V* podem produzir relatórios da economia verificada.

O PIMVP destina-se aos profissionais para ser usado como base de preparação de relatórios de economia. Cada usuário deve estabelecer o próprio Plano de *M&V* específico, de modo que vá ao encontro das características únicas do projeto. O PIMVP não é uma norma e, por conseguinte, não existe um mecanismo de conformidade formal para este documento. A adesão ao PIMVP requer a preparação para um projeto específico de um Plano de *M&V*, consistente com a terminologia do PIMVP. Devem-se nomear a(s) Opção(ões) do PIMVP a ser(em) utilizadas, os métodos de medição e de análise a serem empregados, os procedimentos de garantia de qualidade a serem seguidos, e a(s) pessoa(s) responsável (veis) pela *M&V*.

Os Capítulos do Volume I do PIMVP encontram-se organizados da seguinte forma:

1. Introduz o PIMVP e a EVO
2. Define *M&V* e enumera oito utilizações para as técnicas de *M&V*
3. Indica os fundamentos da *M&V*, ao definir os princípios inerentes a uma boa *M&V*. O restante do documento resume métodos usuais aplicados para implementar estes princípios fundamentais
4. Define a estrutura do PIMVP e suas quatro Opções. Apresenta as metodologias e os ajustes básicos para a medição de energia ou de água necessárias para reportar a economia adequadamente. Os Quadros 2 e 4 e a Figura 4 resumem as Opções e oferecem orientação na escolha da melhor opção para cada aplicação
5. Enumera os tópicos indispensáveis a um Plano de *M&V*, e fornece orientações acerca das decisões de concepção necessárias para tornar a atividade de *M&V* rentável para todos os usuários dos relatórios de economia
6. Apresenta informações-chave que devem ser incluídas em cada relatório de economia
7. Define meios para especificar a utilização do PIMVP e reivindicar a sua adesão
8. Enumera várias questões adicionais que surgem frequentemente durante a concepção e o relatório da *M&V*
9. Apresenta a definição de todas as palavras encontradas em itálico no documento
10. Fornece uma lista de referências e outros recursos úteis.

O Apêndice A oferece 12 exemplos de aplicações do PIMVP, com vários níveis de detalhe. Remete à página *web* da EVO para exemplos detalhados de Planos e Relatórios de economia de *M&V*.

O Apêndice B resume as técnicas básicas de quantificação de incerteza para orientar as decisões acerca do nível de rigor adequado a cada processo de *M&V*.

O Apêndice C contém materiais, específicos por região, para os seguintes países: Estados Unidos da América; França; Espanha (incluindo a Catalunha); Romênia; Bulgária; República Tcheca; Croácia; e Polônia.

O Apêndice D é um guia dirigido a Quem usa o PIMVP, elaborado para que os diferentes tipos de leitores entendam a forma usual de aplicar o Protocolo.

EVO e PIMVP

O Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance (PIMVP) é patrocinado pela Efficiency Valuation Organization (EVO - Organização de Avaliação de Eficiência), sociedade privada sem fins lucrativos. A EVO visa um mercado global que avalie corretamente a utilização eficiente dos recursos naturais e da energia final, como alternativa viável a novas formas de fornecimento de energia. A missão da EVO consiste em desenvolver e promover métodos normalizados para quantificar e gerir os riscos e benefícios associados a transações de negócios relacionados com eficiência energética, energias renováveis, e consumo eficiente de água. A EVO é uma organização apoiada por assinantes em todo o mundo.

A EVO agradece a todos os voluntários que desenvolvem e mantêm os seus documentos. Os membros do nosso Conselho atual e das Comissões que participaram do desenvolvimento deste documento são referidos na seção de Agradecimentos, juntamente com assinantes empresariais.

A EVO mantém uma página *web* (www.evo-world.org), que contém:

- seção de assinantes, com acesso prévio a alguns documentos da EVO, materiais de referência, boletins informativos, fóruns de discussão, e ligações a outros recursos;
- últimas edições dos documentos e edições arquivadas; lista atual dos membros da comissão e dos assinantes;
- convite a comentários acerca de documentos do PIMVP pelo endereço de correio eletrónico: ipmvprev@evo-world.org;
- informação acerca dos programas de formação e certificação da EVO.

Os documentos da EVO devem incluir métodos universais, provenientes do mundo inteiro. Por esta razão, a EVO está organizando grupos internacionais e regionais para documentar métodos internacionais de *M&V*. Para participar como voluntário ou assinante e ter acesso a mais informações visite a página da *web* da EVO, www.evo-world.org.

As atividades e os planos atuais da EVO encontram-se resumidos mais abaixo.

Publicações atuais da EVO

A EVO tem atualmente três publicações disponíveis na sua página da *web*:

Volume I do PIMVP Conceitos e opções para a Determinação da Economia de Energia e de Água

O Volume I define a terminologia e sugere boas práticas para documentar a eficácia dos projetos de eficiência energética e de consumo eficiente de água, implantados em edifícios e instalações industriais. Estes termos e práticas ajudam os gestores a preparar Planos de *M&V* que especificam como a economia será medida em cada projeto. O Plano de *M&V* bem-sucedido permite a verificação, ao exigir relatórios transparentes do desempenho energético real do projeto.

Volume II do PIMVP Questões relativas à Qualidade do Ambiente Interno

O Volume II revê questões de Qualidade do Ambiente Interno que podem ser influenciadas por um projeto de eficiência energética. Salienta a necessidade da concepção de um bom projeto e da implementação de práticas para manter condições interiores aceitáveis em um projeto de eficiência energética. Orienta quanto aos meios de medição dos parâmetros de qualidade do ambiente interno, para comprovar se as condições interiores sofreram

alterações com relação às condições da linha de base, quando se determinar a economia. O Volume II foi arquivado, mas permanece disponível na seção de arquivos da biblioteca pública da página da EVO.

Volume III do PIMVP Aplicações

O Volume III contém manuais de orientação de aplicação específica para o Volume I. Os dois manuais de aplicação atuais dizem respeito à construção de novos edifícios (Parte I) e à integração de energias renováveis, em instalações já existentes (Parte II). Este volume encontra-se em contínuo desenvolvimento, uma vez que cada vez mais são definidas aplicações específicas.

Protocolo Internacional de Financiamento da Eficiência Energética (PIFEE)

O PIFEE, tendo em vista as instituições locais ao redor do mundo, fornece orientação para avaliar e financiar projetos de eficiência energética e de eficiência resultante do uso de fontes renováveis.

História das edições anteriores

A primeira edição do PIMVP, intitulada North American Energy Measurement and Verification Protocol (Protocolo Norte Americano de Medição e Verificação de Energia), foi publicada em março de 1996, modificada em dezembro de 1997, passando a se intitular International Performance Measurement and Verification Protocol (Protocolo Internacional de Medição e Verificação do Desempenho Energético). As opções A e B foram substancialmente alteradas por ocasião da nova publicação do PIMVP em 2001, e pequenas alterações editoriais foram acrescentadas, na edição de 2002. O Volume II acerca da Qualidade do Ambiente Interno foi publicado em 2002. As comissões patrocinadas pelo *United States' Department of Energy* (DOE) - Ministério da Energia dos Estados Unidos escreveram e editaram os documentos acima.

Em 2002, o IPMVP Inc. foi incorporado como sociedade independente sem fins lucrativos, a fim de incluir a comunidade internacional e liberar o Ministério da Energia dos Estados Unidos das suas responsabilidades como organizador. O IPMVP Inc. angariou fundos, criou uma página na *web*, e publicou o novo Volume III sobre Novas Construções e Energias Renováveis. Em 2004, o IPMVP Inc. foi renomeado Efficiency Valuation Organization, uma vez que alargou a sua faixa de atuação.

Em 2007, a EVO atualizou o Volume 1, basicamente para maior clareza, reescrevendo o Apêndice B - Incerteza. Não ocorreram alterações substantivas nos conceitos fundamentais, mas os capítulos referentes às Opções A & B foram expandidos para garantir adequado entendimento. Em 2009, o Volume I foi modificado a fim de separar referências próprias dos Estados Unidos e estabelecer uma estrutura para matérias específicas de cada região, em Apêndices C para EUA e França. Em 2010, o Volume I foi novamente alterado para receber novas referências e Apêndices europeus, com atualização do conceito de dígitos significativos.

Formação e Certificação

A EVO reconhece que o melhoramento da avaliação da eficiência energética no mundo não passa apenas pela publicação de documentos. Dessa forma, a EVO e os seus parceiros mundiais introduziram programas de formação e sensibilização sobre medição e verificação. Esses programas formam profissionais em métodos e recentes desenvolvimentos em *M&V*.

A EVO também oferece um programa de Profissional Certificado em Medição e Verificação (Certified Measurement and Verification Professional - CVMP®), para profissionais com experiência e formação adequadas, aprovados em teste que demonstre seu conhecimento do PIMVP. Os CMVP®s devem ter as competências necessárias para desenvolver Planos de *M&V* e gerir programas de *M&V* destinados a aplicações simples. Para mais informações

acerca do programa de CMVP e da lista de nomes de CMVP®s acreditados, visite www.evo-world.org.

Futuros Planos da EVO

Os assinantes e voluntários da EVO determinam seus planos futuros para desenvolver novos esforços educacionais e criar documentos acerca da avaliação da eficiência. A EVO convida os leitores do PIMVP a tornarem-se assinantes da EVO, fornecerem recomendações e participarem de novas ou já existentes atividades da EVO.

À luz dos seus interesses internacionais, a EVO também atua no processo de:

- criar organizações afiliadas regionais ativas, que contribuam para o desenvolvimento e a manutenção das publicações da EVO;
- levar a cabo, no mundo todo, programas adicionais de formação e certificação;
- preparar seus documentos mais recentes, em várias línguas;
- encorajar sua comunidade de assinantes baseada na Internet a partilhar ideias sobre a avaliação da eficiência.

A EVO agradece seus comentários e sugestões. Envie, por favor, os comentários por correio eletrônico para ipmvprev@evo-world.org. Todos os comentários serão tidos em consideração, mesmo que a EVO não os responda diretamente. A última versão inglesa e as traduções certificadas dos documentos da EVO estarão sempre disponíveis para baixar da internet em www.evo-world.org. A EVO planeja rever anualmente este documento. Faça-nos saber como nossos serviços podem ser melhorados ou diversificados.

1.1 Objetivos e Âmbito do PIMVP

A *Efficiency Valuation Organization* (EVO) publica o Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance (PIMVP), para aumentar os investimentos na eficiência energética e no consumo eficiente de água, na gestão da demanda, e nos projetos de energia renovável em todo o mundo.

O PIMVP promove investimentos eficazes através das seguintes atividades:

- documenta termos comuns e métodos para avaliar o desempenho energético de projetos de eficiência, dirigidos a clientes, fornecedores e financiadores destes projetos. Alguns destes termos e métodos podem ser utilizados em contratos, embora o PIMVP não disponibilize linguagem contratual;
- fornece métodos, com diferentes níveis de custo e exatidão, com a função de determinar economias¹ para toda a instalação ou para ações individuais de eficiência energética (AEE)²;
- especifica o conteúdo de um Plano de Medição e Verificação (Plano de *M&V*). Este Plano de *M&V* adere aos princípios fundamentais de *M&V* aceites em todo o mundo, e deve produzir relatórios da economia verificada. Deve ser desenvolvido um Plano de *M&V* para cada projeto, por profissional qualificado³;
- aplica-se a grande variedade de instalações, incluindo edifícios novos, edifícios já existentes, e processos industriais. O Apêndice D, um guia para o usuário, resume o modo pelo qual leitores diferentes podem usar o PIMVP.

O Volume I do PIMVP define *M&V* no Capítulo 2; apresenta princípios fundamentais de *M&V* no Capítulo 3; e descreve a estrutura para um *Plano de M&V* detalhado no Capítulo 4. Os pormenores de um *Plano de M&V* e de um relatório de *economia* são enumerados nos Capítulos 5 e 6, respectivamente. As condições de especificação de utilização do PIMVP ou de adesão ao PIMVP são mostradas no Capítulo 7. O Volume I também apresenta, no Capítulo 8, um resumo de questões comuns de concepção de *M&V*, e enumera outros recursos de *M&V*. Doze exemplos de projetos são descritos no Apêndice A, e métodos básicos de análise de incerteza são resumidos no Apêndice B.

O Volume II do PIMVP contém exaustiva abordagem para a avaliação de aspectos referentes à qualidade do ambiente interno de edifícios, relacionados com concepção de AEE, implementação e manutenção. O Volume II sugere medições das condições interiores, para identificar alterações relativas às condições da linha de base.

O Volume III do PIMVP fornece mais pormenores acerca dos métodos de *M&V* associados à construção de novos edifícios e a sistemas de energia renovável integrados às instalações existentes.

Os três volumes do PIMVP formam um conjunto de documentos em constante evolução; as últimas modificações incluídas a cada edição estão disponíveis na página web da EVO (www.evo-world.org).

1.2 Vantagens da utilização do PIMVP

A história do PIMVP remonta a 1995, e sua utilização internacional traz as seguintes vantagens aos programas que aderem às suas recomendações:

¹ As palavras em itálico têm seu significado definido no capítulo 9.

² Embora haja alguma discussão acerca das diferenças entre os dois termos – ação de eficiência energética (AEE) e ação de conservação de energia (ACE) –, o termo comum Ação de Eficiência Energética (AEE) é definido de modo que inclua as ações de conservação e eficiência. Ver capítulo 9.

³ www.evo-world.org contém a lista dos profissionais certificados de *M&V* (CMVP[®]s) – pessoas com experiência adequada, cujo conhecimento sobre o IPMVP foi demonstrado por sua aprovação em exame.

- justificação dos pagamentos para o desempenho energético. Quando os pagamentos financeiros se baseiam em *economias* demonstradas de energia ou água, a adesão ao PIMVP garante que estas *economias* seguem boas práticas. Um *relatório de economia* que adere ao PIMVP permite ao cliente, ao usuário de energia, ou à concessionária, aceitarem com prontidão o desempenho energético reportado. *Empresas de Serviços Energéticos (ESCOs)*, cujas faturas são apoiadas por um *relatório de economia* que adere ao PIMVP, garantem os pagamentos com maior facilidade;
- redução dos custos de transação em um *Contrato de Desempenho Energético*. As especificações do PIMVP como base para a concepção de *M&V* de um projeto podem simplificar as negociações para um *Contrato de Desempenho Energético*;
- credibilidade internacional para *relatórios de economia* de energia, aumentando assim o valor para um comprador de energia economizada;
- melhoramento da classificação segundo programas para encorajar ou etiquetar o projeto e a operação dos edifícios sustentáveis;
- auxílio a organizações nacionais e industriais no sentido de promover e obter o uso eficiente dos recursos e alcançar os objetivos ambientais. O PIMVP poderá ser largamente adotado, seja por agências governamentais nacionais e regionais, seja por organizações industriais, para ajudá-las a gerir seus programas e aumentar a credibilidade dos resultados reportados.

1.3 Relação do PIMVP com outras diretivas de *M&V*

O Capítulo 10 enumera outros recursos interessantes para os leitores do PIMVP.

O Apêndice C lista outras normas, protocolos e documentos de diferentes países onde é aplicado o PIMVP, ou relaciona referências de códigos, padrões e programas. relevantes ao mesmo Protocolo.

1.4 Quem utiliza o PIMVP?

O PIMVP apresenta princípios e termos comuns largamente aceitos como básicos a qualquer bom processo de *M&V*, mas não define as atividades de *M&V* para todas as aplicações. Cada projeto deve ser concebido individualmente para ir ao encontro das necessidades de todos os leitores de *relatórios de economia* de energia ou de água. Essa concepção individual é registrada no *Plano de M&V* do projeto, e a *economia* é relatada como aí definida.

Este documento está escrito de modo que forneça progressivamente melhores níveis de definição das práticas de *M&V*, à medida que avança pelos capítulos, como resumido abaixo:

- Capítulo 2 - define *M&V* e descreve oito aplicações diferentes para as técnicas de *M&V*;
- Capítulo 3 - apresenta seis princípios fundamentais para boa prática de *M&V* e do PIMVP. Tratam-se de princípios úteis para orientar pormenores de concepção de *M&V*, nos quais o PIMVP não se manifesta;
- Capítulo 4 - apresenta a estrutura geral e as equações empregadas no cálculo da *economia*, necessárias para expressar adequadamente a *economia*. O Quadro 2 resume quatro opções de concepção de *M&V*, e as seções 4.7 - 4.9 descrevem cada uma destas opções. A seção 4.10 oferece orientação e um diagrama lógico, que permitem selecionar a opção certa para qualquer aplicação. O Apêndice A fornece exemplos de aplicações de métodos do PIMVP a 12 projetos típicos;
- Capítulo 5 - enumera os tópicos e os dados que devem ser incluídos em um *Plano de M&V*, e fornece algumas sugestões acerca de aspectos-chave a serem discutidos para cada tópico. Os leitores podem utilizá-lo como lista de controle, a fim de descrever a concepção da *M&V* para um projeto em particular;

- Capítulo 6 - enumera os tópicos e os dados que devem ser incluídos nos relatórios de *economia*;
- Capítulo 7 - indica as condições necessárias para reivindicar a adesão ao PIMVP, e sugere termos para especificar a utilização do PIMVP em contratos;
- Capítulo 8 - revê uma variedade de aspectos comuns de *M&V*, cuja consideração é necessária em qualquer programa de *M&V*. Um aspecto-chave, que guia a concepção e o funcionamento de um sistema de *M&V*, consiste na necessidade de conciliar precisão razoável e custo aceitável. Cada usuário deve encontrar o próprio equilíbrio entre precisão e custo. A seção 8.5 focaliza em particular os fatores envolvidos nesse compromisso. O Apêndice B fornece visão geral de alguns métodos de incerteza e de estatística; esta visão geral, porém, não constitui um texto completo acerca do assunto. Aconselha-se aos usuários demandarem ajuda de concepção estatística adequada para qualquer normalização de dados de um programa de *M&V*, além de amostragem ou técnicas de avaliação de incerteza que poderão vir a usar. O Capítulo 8 também apresenta aspectos de concepção relativos à medição para programas de *M&V*, embora não se trate de um texto completo sobre medição;
- Capítulo 9 - contém definições de termos-chave utilizados neste documento. Os termos estão em itálico ao longo do documento, para indicar os significados especiais dados no Capítulo 9;
- Capítulo 10 - enumera leituras, referências e outras fontes de material útil.

Embora a aplicação do PIMVP seja particular para cada projeto, certos tipos de usuários terão métodos similares nos seus *Planos de M&V* e implementação. Os Apêndices D.1 a D.10 mencionam algumas das formas típicas em que este documento pode ser usado pelos seguintes grupos de usuários:

- Fornecedores de contratos de performance energética e seus clientes do setor predial
- Fornecedores de contratos de performance energética e seus clientes de processos industriais
- Usuários de energia fazendo suas próprias reformas e querendo medir suas *economias*
- Gerentes de instalações adequadamente responsabilizando-se por variações no orçamento
- Projetistas de novos prédios
- Projetistas de prédios novos buscando reconhecimento da sustentabilidade de seus projetos
- Gerentes prediais buscando reconhecimento da qualidade ambiental de sua gestão
- Formuladores e gerentes de programas de gerenciamento pelo lado da demanda de concessionárias de energia
- Desenvolvedores de projetos de eficiência no uso da água
- Formuladores de programas de comércio de redução de emissões de gases de efeito estufa
- Usuários de energia buscando a certificação pela ISO 50001

Apoiadores financeiros e compradores de créditos de emissão de algumas das aplicações acima acharão as formas adequadas de usar este documento sob estes mesmos rumos.

Este Capítulo usa termos definidos em Capítulos subsequentes entre parênteses ou como definido no Capítulo 9 para expressões em itálico.

CAPÍTULO 2 DEFINIÇÃO E OBJETIVOS DA M&V

“*Medição e Verificação*” (*M&V*) é o processo de utilização de medições para determinar, de modo seguro, a *economia*⁴ real criada dentro de uma instalação individual por um programa de gestão de energia. A *economia* não pode ser medida diretamente, uma vez que representa a ausência de consumo de *energia*. Nesse caso a *economia* é determinada pela comparação do consumo medido antes e depois da implementação de um projeto, com ajustes adequados, tendo em conta alterações nas condições.

As atividades de *M&V* consistem em algumas ou todas as seguintes ações:

- instalação, calibração e manutenção de medidores;
- coleta e tratamento de dados;
- desenvolvimento de um método de cálculo e estimativas aceitáveis;
- cálculos com os dados medidos;
- relatórios, garantia de qualidade e verificação de relatórios por terceiros.

Quando existem poucas dúvidas acerca do resultado de um projeto, ou não há necessidade de dar prova dos resultados à outra parte, os métodos de *M&V* podem não ser necessários. No entanto, é sempre aconselhável verificar (inicialmente e de tempos em tempos) se os equipamentos instalados são capazes de produzir a economia prevista. A verificação do potencial para obter *economia* é definida como *verificação operacional*, e pode incluir inspeção, comissionamento dos equipamentos, teste do desempenho funcional e/ou tendência dos dados (veja Seção 4.4 a seguir). A *M&V* aderente ao PIMVP inclui tanto a *verificação operacional* quanto a quantificação das *economias* baseada nas medições de energia antes e depois da implementação do projeto e os ajustes acima descritos.

A *M&V* não constitui apenas uma coleção de atividades com a finalidade de ajudar o projeto a atender às exigências do PIMVP. Se corretamente integradas, as atividades de *M&V* servirão para aumentar e reforçar a operação e a manutenção das economias na instalação. Como mostrado na Figura 1, as atividades de *M&V* coincidem com outras atividades do projeto (por exemplo: coletar dados tanto para identificar AEEs, quanto para estabelecer a linha de base da energia, comissionamento e verificação operacional das AEEs executadas, instalar sistemas de monitoramento para seguir e manter a persistência das economias, etc.). A identificação da sinergia dos projetos e o estabelecimento do papel e das responsabilidades das partes envolvidas no planejamento do projeto permitirão uma ação coordenada da equipe. Este procedimento poderá melhorar o escopo do projeto e controlar os custos relacionados com a *M&V*.

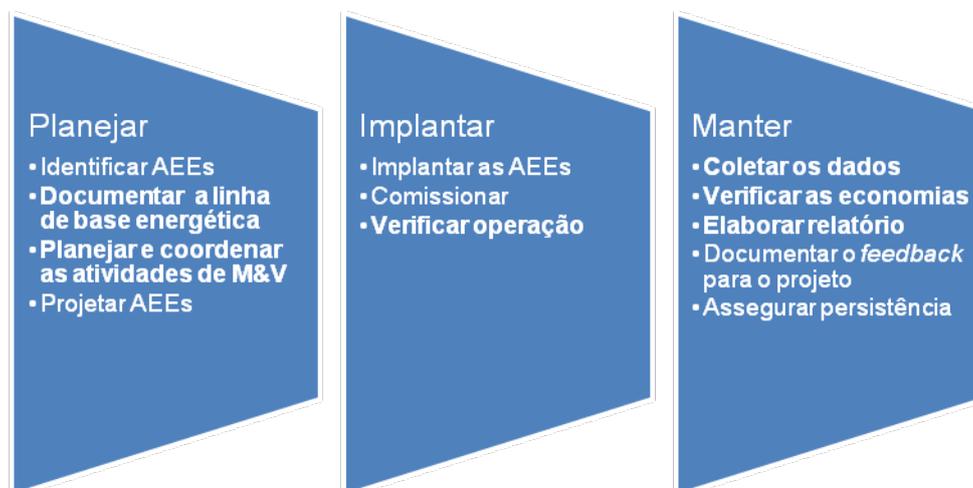


Figura 1
Linha do tempo do processo (atividades de M&V em negrito)

⁴ As palavras em itálico têm seu significado definido no Capítulo 9.

2.1 Objetivos da M&V

As técnicas de *M&V* podem ser utilizadas pelos proprietários da instalação ou pelos investidores do projeto de eficiência energética com os seguintes objetivos:

a) **Aumentar a economia de energia**

A determinação exata da *economia de energia* fornece aos proprietários e gestores da instalação valiosa informação acerca das suas *ações de eficiência energética (AEEs)*. Esta informação ajuda-os a ajustar a concepção da *AEE*, ou as operações para aumentar a *economia*, a fim de melhorar e assegurar maior duração e menos variações ao longo do tempo das *economias* (Kats et al., 1997 e 1999, Haberl et al., 1996);

b) **Documentar transações financeiras**

Para alguns projetos, a economia obtida pela eficiência energética constitui a base de pagamentos financeiros fundamentados no desempenho energético e/ou na garantia, em um contrato de desempenho energético. Um *Plano de M&V* bem definido e implementado pode representar a base para documentar, de forma transparente, o desempenho energético sujeito a *verificação* independente;

c) **Aumentar o financiamento para projetos de eficiência**

Um bom *Plano de M&V* aumenta a transparência e a credibilidade dos relatórios acerca dos resultados dos investimentos em eficiência. Também aumenta a credibilidade das projeções dos resultados dos investimentos em eficiência. Esta credibilidade pode subir o nível de confiança que investidores e patrocinadores depositam em projetos de eficiência energética, fazendo crescer as possibilidades destes projetos serem financiados;

d) **Melhorar projetos de engenharia, funcionamento e manutenção da instalação**

A preparação de um bom *Plano de M&V* encoraja a concepção completa de um projeto, ao incluir todos os custos de *M&V* nos aspectos econômicos. Uma boa *M&V* também ajuda os gestores a descobrir e reduzir problemas de manutenção e funcionamento, a fim de gerir instalações de forma mais eficiente, além de fornecer informações para a concepção de projetos futuros;

e) **Gerir orçamentos energéticos**

Mesmo quando *economias* não estão em questão, as técnicas de *M&V* ajudam os gestores a avaliar e gerir a utilização de *energia* para explicar as variações dos orçamentos. As técnicas de *M&V* são usadas para ajustar alterações das condições de funcionamento da instalação, a fim de estabelecer orçamentos adequados e explicar as variações destes orçamentos;

f) **Aumentar o valor dos créditos de redução de emissão**

Considerar as reduções de emissão acrescenta valor adicional aos projetos de eficiência. A utilização de um *Plano de M&V* para determinar a *economia* de energia melhora relatórios de redução de emissão, em comparação com relatórios realizados sem *Plano de M&V*;

g) **Apoiar a avaliação de programas de eficiência regionais**

Programas governamentais ou de empresas de energia para a gestão de utilização de um sistema de fornecimento de *energia* podem utilizar técnicas de *M&V* no objetivo de avaliar a economia em instalações selecionadas de usuários de *energia*. Com a utilização de técnicas estatísticas e outras suposições, a *economia* determinada pelas atividades de *M&V* em instalações individuais selecionadas pode ajudar a prever a economia em locais não medidos, a fim de determinar o desempenho energético de todo o programa;

h) **Aumentar a compreensão do público acerca da gestão de energia como ferramenta de política pública**

Ao melhorar a credibilidade dos projetos de gestão de energia, a *M&V* aumenta a aceitação pública da redução de emissões associadas. Esta aceitação pública encoraja o investimento

em projetos de eficiência energética, ou nos créditos de emissão que estes projetos possam criar. Ao aumentar a *economia*, uma boa prática de *M&V* evidencia os benefícios públicos fornecidos por uma boa gestão de *energia*, tais como o melhoramento da saúde pública, a redução da degradação ambiental, e o aumento da taxa de emprego.

Os princípios fundamentais de uma boa prática de *M&V*⁵ são descritos abaixo, por ordem alfabética:

Compleitude Ao reportar a *economia de energia* deve-se ter em consideração todos os efeitos de um projeto. As atividades de *M&V* devem usar medições para quantificar os efeitos significativos, enquanto estimam todos os outros;

Conservadorismo Onde pareceres forem emitidos sobre quantidades incertas, os procedimentos de *M&V* devem ser concebidos para avaliar por baixo a economia;

Consistência O relatório da eficácia energética de um projeto deve ser consistente entre:

- diferentes tipos de projetos de eficiência energética;
- diferentes profissionais de gestão energética para qualquer projeto;
- diferentes períodos de tempo para o mesmo projeto;
- projetos de eficiência energética e projetos de geração de nova *energia*.

‘Consistente’ não significa ‘idêntico’, uma vez que é reconhecido o fato de qualquer relatório baseado em análises empíricas envolver pareceres não necessariamente emitidos de forma idêntica por todos os relatores. Ao identificar áreas-chave de pareceres, o PIMVP ajuda a evitar inconsistências que surjam em virtude da falta de consideração de dimensões importantes.

Precisão Os relatórios de *M&V* devem ser tão precisos quanto o permita o orçamento de *M&V*. Os custos de *M&V* devem se apresentar pequenos em relação ao valor monetário da economia a ser avaliada. Os gastos de *M&V* devem também ser consistentes com as implicações financeiras de reportar com sobre-informação ou sub-informação do desempenho energético do projeto. Os compromissos sobre a precisão devem ser acompanhados de maior conservadorismo em qualquer estimativa ou parecer.

Relevância A determinação da *economia* deve medir os parâmetros de desempenho energético mais importantes ou menos conhecidos, enquanto outros parâmetros menos críticos ou previsíveis podem ser estimados.

Transparência Todas as atividades de *M&V* devem ser clara e completamente divulgadas. A divulgação completa deve incluir a apresentação de todos os elementos definidos nos Capítulos 5 e 6, para o conteúdo de um *Plano de M&V* e de um relatório de *economia*, respectivamente.

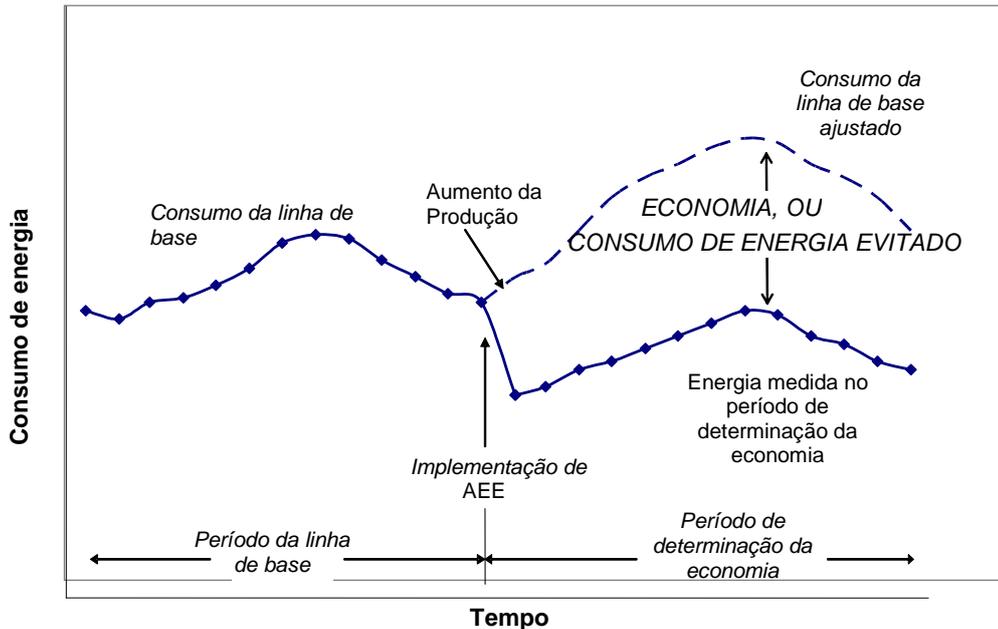
O restante deste documento baseia-se em uma estrutura flexível de procedimentos básicos, além de quatro opções para pôr em funcionamento processos de *M&V* que seguem estes princípios fundamentais. Quando a estrutura não fornece nenhuma indicação, ou é inconsistente relativamente a qualquer aplicação específica, esses princípios de *M&V* devem ser usados como orientação.

⁵ As palavras em itálico têm seu significado definido no capítulo 9.

4.1 Introdução

A *economia*⁶ de energia, água ou da demanda não pode ser medida diretamente, uma vez que *economia* representa a ausência do consumo de energia/água ou da demanda. A *economia* é determinada comparando-se o consumo medido anteriormente e o consumo medido posteriormente à implementação de um programa, e realizando ajustes adequados às alterações nas condições de uso.

Figura 2 – Exemplo de Histórico de Energia



Como exemplo de um processo de determinação de economia, a Figura 2 mostra o histórico do consumo de energia de uma caldeira industrial, antes e depois da implementação de uma AEE para recuperar calor dos seus gases de combustão. Quando da execução da AEE, a produção da fábrica também aumentou.

Para documentar adequadamente o impacto da AEE, seu efeito energético deve ser separado do efeito energético do aumento da produção. A fim de determinar a relação entre consumo de energia e produção, foi estudado o padrão de utilização da “*linha de base energética*” antes da instalação da AEE. Depois da instalação da AEE, essa relação da *linha de base* foi utilizada para calcular a quantidade de energia que a fábrica teria utilizado por mês, se não tivesse havido uma AEE (a chamada “*linha de base ajustada*”). A *economia*, ou ‘*consumo de energia evitado*’ é a diferença entre a *consumo da linha de base ajustado* e a energia que foi realmente medida durante o *período de determinação da economia*.

Sem o ajuste para a mudança na produção, a diferença entre o *consumo da linha de base* e o *consumo do período de determinação de economia* de energia teria sido muito inferior, fornecendo uma subinformação acerca do efeito da recuperação de calor.

É necessário separar os efeitos *energéticos* de um programa de *economia* dos efeitos de outras mudanças simultâneas, responsáveis por afetar os sistemas que usam *energia*. A

⁶ As palavras em itálico têm seu significado definido no capítulo 9.

comparação entre o antes e o depois do consumo de energia ou da demanda deve ser feita sobre uma base consistente, utilizando a seguinte Equação 1) geral:

$$\text{Economia} = (\text{Consumo ou Demanda durante o período da linha de base} - \text{Consumo ou Demanda durante o período de determinação da economia}) \pm \text{Ajustes} \quad 1)$$

O termo "Ajustes" nesta equação geral é usado para ajustar o consumo ou a demanda dos períodos da linha de base e de determinação da economia sob um conjunto comum de condições. O termo 'ajustes' faz distinção entre relatórios de economia reais e simples comparação de custo ou utilização antes e depois da implementação de uma AEE. Sem tais ajustes, simples comparações de custos de fornecimento de energia reportam apenas alterações de custo, e não o verdadeiro desempenho energético de um projeto. Para reportarem adequadamente a "economia," os ajustes devem contemplar as diferenças nas condições entre o período da linha de base e os períodos de determinação da economia.

As informações do período da linha de base no projeto de uma instalação existente consistem usualmente no desempenho da instalação ou sistema antes das alterações produzidas pelas AEEs. Estas informações existem e podem ser obtidas por medição antes das alterações. Em novas construções as informações do período da linha de base são hipotéticas e normalmente baseadas em normas, regulamentos, prática usual ou desempenho documentado, ou em instalações similares. Em qualquer condição, o modelo para o período da linha de base deve ser capaz de representar as mudanças nas condições e nos parâmetros operacionais, de forma que os "ajustes" possam ser efetuados.

O restante deste capítulo define métodos básicos dos processos de medição e ajuste. Se estes métodos não cobrirem todas as questões que venham a surgir no seu projeto, será necessário consultar, para mais orientações, os Princípios de M&V (Capítulo 3).

4.2 Terminologia da Energia, da Água e da Demanda

Os processos de determinação de economia de energia são semelhantes aos da determinação da economia de água ou da demanda. Para simplificar as descrições neste documento, a palavra *energia* em itálico será normalmente utilizada para significar o consumo de energia e de água ou da demanda. De modo semelhante, a expressão *Ação de Eficiência Energética (AEE)* será normalmente usada para significar: medidas que melhoram a eficiência, conservam energia ou água, ou gerenciam a demanda.

4.3 A Concepção e o Processo de Relatar a M&V

A concepção da M&V e o processo de relatá-la são paralelos ao processo de concepção e implementação da AEE. Os processos de M&V devem incluir os seguintes passos:

1. Considerar as necessidades do usuário dos relatórios planejados de M&V. Se o usuário está centrado no controle do custo global, os métodos para toda a instalação podem ser os mais adequados. Se o usuário se centrar em AEEs específicas, técnicas de medição isoladas das AEEs implementadas poderão ser mais adequadas (ver seção 4.4).
2. Ao desenvolver a(s) AEE(s), selecionar a opção do PIMVP (ver seções 4.7 - 4.11) mais consistente com o objetivo da(s) AEE(s); o grau de precisão e o orçamento para a M&V. Decidir se o ajuste de todas as quantidades de energia será feito para as condições do período de determinação da economia ou para outro conjunto de condições (ver seção 4.5.3). Decidir a duração do período da linha de base e do período de determinação da economia (seção 4.5.2) (estas decisões fundamentais podem ser mencionadas nos termos de um contrato de desempenho energético);
3. Reunir dados relevantes de energia e operação do período da linha de base e registrá-los de modo que possam ser consultados no futuro;

4. Preparar um *Plano de M&V* (Capítulo 5) com inclusão dos resultados dos passos 1 a 3 acima mencionados. Ele definirá os passos seguintes de 5 a 9;
5. Conceber, instalar, calibrar e pôr em funcionamento qualquer equipamento de medição especial necessário segundo o *Plano de M&V*, como parte da concepção final e instalação da AEE;
6. Certificar-se, após a execução da AEE, de que esta tem potencial de produzir as economias, realizando uma verificação operacional. Isto pode significar a inspeção dos equipamentos instalados e a revisão dos procedimentos na operação, como necessários para atender à intenção da AEE. Estas exigências podem ser alcançadas por uma ação de “comissionamento” formal, como parte do projeto;
7. Reunir dados de energia e funcionamento do *período de determinação da economia*, como definido no *Plano de M&V*;
8. Calcular a *economia de energia* e monetária de acordo com o Plano de *M&V*;
9. Reportar as economias de acordo com o Plano de *M&V* (ver Capítulo 6).

Efeitos Interativos - Exemplo

Para uma AEE que reduz a potência requerida para a iluminação, a *fronteira de medição* deve incluir a alimentação das lâmpadas. Contudo, diminuir a energia da iluminação pode também diminuir os requisitos de refrigeração mecânica e/ou aumentar os requisitos de aquecimento. Tais fluxos de energia de aquecimento e refrigeração atribuídos à iluminação não podem geralmente ser facilmente medidos. São *efeitos interativos* que poderão ter de ser estimados, em vez de incluídos dentro da fronteira de medição.

Os passos 7 a 9 são repetidos periodicamente quando é necessário um relatório de *economia*.

Uma terceira parte pode verificar se o *Plano de M&V* adere ao PIMVP, e possivelmente a um contrato de desempenho energético. Estes terceiros também podem verificar se os relatórios de *economia* estão em conformidade com o *Plano de M&V* aprovado (ver seção 8.6).

4.4 Verificação Operacional

A verificação operacional deve ser executada como parte de qualquer projeto de *M&V*. Funciona como uma medida inicial de baixo custo para saber se o potencial de economia está sendo atingido e deve preceder as atividades de verificação das economias. Pode ser aplicada uma variedade de métodos de verificação operacional, conforme indicado na Tabela 1.

Como pode ser verificado, a seleção de um procedimento depende da característica da AEE, mas, pode ser também influenciada pelo tipo de verificação adotado. Por exemplo, se a Opção B está sendo usada para a *M&V*, apenas uma inspeção visual simples pode ser suficiente. Entretanto, se for adotada a Opção A, uma *verificação operacional* mais cuidadosa se fará necessária para confirmar que a funcionalidade da AEE seja adequada e completa.

As atividades de *verificação operacional* são executadas pelo amplo comissionamento dos sistemas afetados, complementadas por análise dos dados (por exemplo: tendência e revisão).

O *Plano de M&V* deve considerar a *verificação operacional* em adição ao método de análise das economias. Esta verificação deve ser executada antes da implementação das atividades de verificação das economias. Tal procedimento garante que as economias

causadas pelas AEEs, os controles eficientes e as melhorias na operação tenham ocorrido na sua totalidade.

Tabela 1
Métodos de Verificação Operacional

Método de verificação operacional	AEE típica a aplicar	Atividades
Inspeção visual	A AEE, quando corretamente executada, produzirá os resultados previstos; não é possível a medição direta da <i>performance</i> . Exemplo: isolamento das paredes, troca de janelas	Ver e verificar a execução física da AEE
Medições instantâneas em amostra	A <i>performance</i> da AEE pode ser diferente das especificações publicadas com base em detalhes da instalação ou da carga componente. Exemplos: luminárias, lâmpadas, reatores, ventiladores, bombas	Medir de forma individual ou múltipla os parâmetros-chave do consumo em uma amostra representativa das AEEs executadas.
Teste de curto prazo da <i>performance</i>	A <i>performance</i> da AEE pode variar dependendo da carga efetiva, dos controles e/ou da interrelação dos componentes. Exemplos: Sensores de luminosidade, controles dimerizados, ventiladores com velocidade variável, ventilação com controle de demanda.	Testar a funcionalidade e o controle apropriado. Medir os parâmetros-chave do consumo. Pode envolver a execução de testes para conhecer a operação do componente em toda sua faixa ou adquirir dados por um intervalo de tempo suficiente para caracterizar a operação em toda sua faixa.
Acompanhamento da lógica do controle ou da tendência dos dados	A <i>performance</i> da AEE pode variar dependendo da carga efetiva e dos controles. Os componentes ou o sistema estão sendo monitorados e controlados pelo Sistema Automático do Edifício ou podem ser monitorados por medidores independentes.	Estabelecer as tendências e rever os dados e/ou a lógica do controle. As medições podem durar alguns dias ou semanas, dependendo do período necessário para caracterizar a operação em toda sua faixa.

As atividades de *Verificação Operacional* também podem ser aplicadas durante o *período de determinação da economia* para apoiar a persistência da AEE. Embora não seja formalmente uma parte do processo de *M&V*, tal tipo de prática é benéfica para uma organização que tenha melhorado sua eficiência energética. Ela reduz o risco de mudanças adversas na *performance* associadas com AEEs que podem falhar, desaparecer ou serem contornadas (*bypassed*).

4.5 Verificação das Economias

As próximas seções detalharão como determinar e reportar as economias.

4.5.1 Fronteira de Medição

A *economia* pode ser determinada para toda uma *instalação* ou simplesmente para parte desta, dependendo dos objetivos a reportar:

- se o objetivo de apresentar relatórios for ajudar a gerir apenas os equipamentos afetados pelo programa de *economia*, deverá ser estabelecido uma *fronteira de medição* em torno destes equipamentos. Desta forma, todas as necessidades de

energia dos equipamentos poderão ser determinadas dentro da *fronteira*⁷. Esta abordagem é usada nas opções de medição isolada da AEE na seção 4.7;

- se o objetivo de apresentar relatórios for ajudar a gerir o desempenho energético de toda a *instalação*, os medidores que medem o fornecimento de energia de toda a instalação poderão ser usados para avaliar o desempenho energético e a *economia*. A *fronteira de medição* neste caso engloba toda a *instalação*. A Opção C: Toda a Instalação é descrita na seção 4.8;
- se os dados do *período da linha de base* ou do *período de determinação da economia* não são de confiança ou não estão disponíveis, dados de *energia* de um programa de simulação calibrada podem substituir os dados em falta, para apenas uma parte ou para toda a *instalação*. A *fronteira de medição* pode ser estabelecida em conformidade com essa definição. A Opção D - Simulação Calibrada é descrita na seção 4.9.

Algumas das necessidades de energia dos equipamentos ou dos sistemas a serem avaliados poderão surgir fora de uma *fronteira de medição* prática. No entanto, todos os efeitos *energéticos* das AEE(s) devem ser considerados. Os efeitos energéticos significativos devem ser determinados a partir de medições, sendo o restante estimado ou ignorado.

Quaisquer efeitos energéticos que ocorram para além da *fronteira de medição* imaginária serão denominados '*efeitos interativos*'⁸. É preciso encontrar uma forma de estimar a magnitude destes *efeitos interativos*, a fim de determinar a *economia*. Alternativamente, tais efeitos podem ser ignorados, desde que o *Plano de M&V* inclua a discussão de cada efeito e sua provável magnitude.

4.5.2 Seleção do Período de Medição

Deve-se selecionar cuidadosamente o período de tempo a ser utilizado como o *período da linha de base* e o *período de determinação da economia*. São especificadas mais abaixo estratégias para determinar cada um.

Período da linha de base

O *período da linha de base* deve ser determinado para:

- Representar todos os modos de funcionamento da *instalação*. Este período deve cobrir um ciclo de funcionamento completo, desde o consumo máximo de energia ao mínimo;

- O uso global de energia em edifícios pode ser afetado significativamente pelas condições climáticas. De modo geral, é necessário um ano de dados no período da linha de base para caracterizar o ciclo de operação.
- O uso de energia por um sistema de ar comprimido pode ser governado somente pelos níveis de operação da instalação, variando em ciclo semanal. Sendo assim, apenas dados para uma semana são necessários para definir o comportamento no período da linha de base.

- Representar relativamente bem todas as condições de funcionamento de um ciclo de funcionamento normal. Por exemplo, apesar de poder ser escolhido determinado ano como o período da linha de base, se faltarem dados de um mês durante o ano selecionado, dados comparáveis para o mesmo mês de um ano diferente deverão ser

⁷ A determinação do consumo de *energia* pode ser feita por medição direta do fluxo de energia, ou por medição direta de *representantes* ("*proxies*") de consumo que fornecem indicação direta do consumo de *energia*.

⁸ Estes *efeitos interativos* são por vezes chamados de 'fugas'.

utilizados, a fim de garantir que o registro do período da linha de base não esteja representando inadequadamente as condições de funcionamento do mês em falta;

- Incluir apenas períodos de tempo para os quais sejam conhecidos todos os fatores relativos à instalação, fixos e variáveis, que regem a energia. O recuo no tempo do período da linha de base para incluir múltiplos ciclos de funcionamento requer conhecimento idêntico de todos os fatores que regem a energia através do período da linha de base mais longo, a fim de se efetuarem corretamente os ajustes de rotina e não-de rotina (ver seção 4.6), após a instalação da AEE;
- Coincidir com o período imediatamente anterior ao compromisso de levar a cabo a instalação da AEE. Períodos mais anteriores no tempo não refletiriam as condições existentes antes da reforma, e, por conseguinte, poderiam não fornecer um período da linha de base adequado para medir o efeito apenas da AEE.

O planejamento da *AEE* pode requerer o estudo de um período de tempo mais longo do que o escolhido para o *período da linha de base*. Períodos de estudo mais longos ajudam o planejador a compreender o desempenho energético da *instalação*, e a determinar a real duração de um *ciclo* normal.

Período de determinação da economia

O usuário dos relatórios de *economia* deve definir a duração do *período de determinação da economia*. O *período de determinação da economia* deve englobar pelo menos um *ciclo* de funcionamento normal dos equipamentos ou *instalação*, para caracterizar completamente a eficácia da *economia* em todos os modos de funcionamento normais.

Alguns projetos estão sujeitos a cessar de reportar *economia* depois de um período de "teste", que pode ir de uma leitura instantânea a um ano ou dois.

A duração de qualquer *período de determinação da economia* deve ser determinada com a devida consideração pela duração da *AEE* e pela probabilidade de degradação da *economia* originalmente obtida ao longo do tempo.

Independentemente da duração do *período de determinação da economia*, o sistema de medição pode continuar a fornecer informação, em tempo real, dos dados adquiridos para fins de gerenciamento e especificamente detetar alterações desfavoráveis na *performance*. A Seção 4.11 explica esta preocupação.

Se for reduzida a frequência da medição da economia após a prova inicial do desempenho energético, outras atividades de monitoramento no local poderão ser intensificadas para garantir que a economia se mantenha.

A *economia* avaliada segundo um conceito aderente do PIMVP apenas pode ser reportada pelo *período de determinação da economia* que utilize os procedimentos aderentes ao PIMVP. Se a economia avaliada segundo um conceito aderente do PIMVP for usada como base para quantificar uma futura *economia*, futuros relatórios de *economia* não vão aderir ao PIMVP.

Períodos Adjacentes de Medição (Teste Liga/Desliga)

Quando uma *AEE* permite ser facilmente iniciada ou interrompida, os *períodos da linha de base* e os *períodos de determinação da economia* podem ser selecionados de forma adjacente no tempo. Uma alteração na lógica de comando é exemplo de uma *AEE* que pode com frequência ser facilmente desligada e novamente ligada, sem afetar a instalação.

Estes "Testes Liga/Desliga" implicam medições de *energia* com a *AEE* ativa, e imediatamente a seguir com a *AEE* desativada, para que as condições do *período da linha de base* regressem. A diferença no consumo de energia entre dois períodos de medição adjacentes corresponde à *economia* criada pela *AEE*. A Equação 1) da seção 4.1 poderá ser usada para calcular a *economia* sem o termo ajustes, se todos os fatores que influenciam a *energia* forem os mesmos nos dois períodos adjacentes.

Essa técnica pode ser aplicada tanto nas opções de Medição Isolada da AEE quanto na de Toda a Instalação. No entanto, a *fronteira de medição* deve ser localizada de tal forma que seja possível detectar rapidamente qualquer diferença significativa no consumo de *energia* registrado quando os equipamentos ou os sistemas estiverem ligados e quando estiverem desligados.

Os períodos adjacentes utilizados para o Teste Liga/Desliga devem ser suficientemente longos para representar um funcionamento estável. Os períodos devem também cobrir a faixa do funcionamento normal da instalação. Para cobrir a faixa normal, o teste Liga/Desliga pode ser repetido em diferentes modos de funcionamento, tais como variação de estação ou níveis de produção.

É preciso ter em atenção o fato de que as *AEEs* que podem ser desativadas para estes testes correm o risco de ser acidental ou propositadamente desativadas quando deveriam estar em funcionamento.

4.5.3 Bases para Ajustes

O termo ajustes mostrado na Equação 1) da seção 4.1 deve ser calculado a partir de fatos físicos identificáveis acerca das características que regem a energia dos equipamentos dentro da *fronteira de medição*. São possíveis dois tipos de ajuste:

- **Ajustes de rotina** – para quaisquer fatores que rejam a *energia*, em relação aos quais se espera que mudem periodicamente durante o *período de determinação da economia*, tais como o clima ou o volume de produção. Pode ser utilizada uma variedade de técnicas para definir a metodologia de ajuste. As técnicas podem ser tão simples como um valor constante (sem ajuste), ou tão complexa como várias equações não-lineares, de parâmetros múltiplos, cada uma correlacionando *energia* com uma ou mais variáveis independentes. Devem ser usadas técnicas matemáticas válidas a fim de obter o método de ajuste para cada *Plano de M&V*. Ver Apêndice B para alguma orientação na avaliação da validade dos métodos matemáticos;

e

- **Ajustes não-de rotina** – para aqueles fatores que regem o uso da energia, em relação aos quais não há expectativa de que mudem habitualmente, tal como: o tamanho da instalação, a concepção e o funcionamento dos equipamentos instalados, o número semanal de turnos de produção, ou o tipo de ocupantes. Estes fatores estáticos devem ser monitorados para detectar alguma alteração durante o período de determinação da economia. Ver seção 8.2 para mais informações acerca de ajustes não-de rotina.

Fatores Estáticos

Exemplos de *fatores estáticos* que precisam de *ajustes não de rotina*:

- quantidade de espaço a ser aquecido ou com ar-condicionado;
- tipos de produto a serem produzidos, ou número de turnos de produção por dia;
- características de revestimento do edifício (novo isolamento, janelas, portas, impermeabilidade de ar);
- quantidade, tipo ou utilização dos equipamentos da *instalação* e dos utilizadores;
- norma para o ambiente interno (ex. níveis de iluminação, temperatura, níveis de ventilação), e;
- tipo ou horário de ocupação.

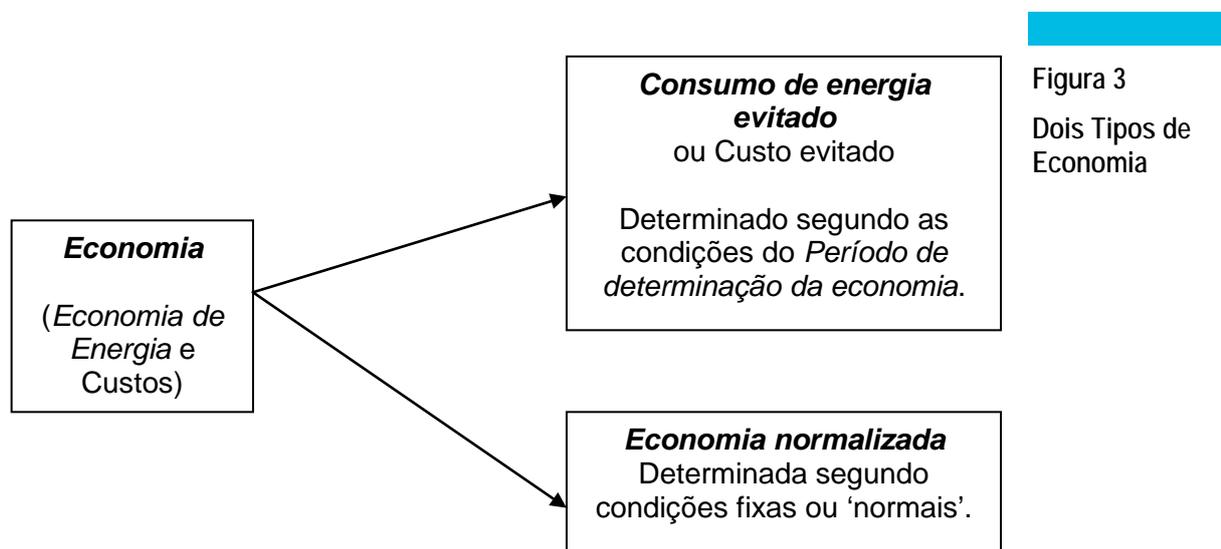
Por conseguinte a Equação 1) pode ser expressa de forma mais completa como:

$Economia = (\text{Consumo da linha de base} - \text{Consumo no período de determinação da economia})$

$\pm \text{Ajustes de rotina} \pm \text{Ajustes não de rotina}$

1a)

Os termos *ajustes* na Equação 1a) são usados para exprimir ambos os conjuntos de dados de consumo medidos sob o mesmo conjunto de condições. O mecanismo dos ajustes depende da economia ser reportada na base das condições do período de determinação da economia, ou normalizada por meio do uso de outro conjunto de condições fixas como se mostra mais abaixo⁹.



Base do período de determinação da economia ou Uso Evitado de Energia

Quando a *economia* é reportada sob as condições do *período de determinação da economia*, também pode se denominar *consumo de energia evitado do período de determinação da economia*. O *consumo de energia evitado* quantifica a *economia* no *período de determinação da economia*, relativamente ao consumo de *energia* que teria sido registrado sem a(s) AEE(s).

Quando se reporta a *economia* sob condições do *período de determinação da economia*, o consumo da *linha de base* precisa ser ajustado às condições do *período de determinação da economia*.

Para este estilo comum de reportar a *economia*, a Equação 1a) pode ser reescrita como:

$\text{Consumo de energia evitado (ou Economia)} = (\text{Consumo da linha de base} \pm \text{Ajustes de rotina às condições do período de determinação da economia} \pm \text{Ajustes não-de rotina às condições do período de determinação da economia}) - \text{Consumo do período de determinação da economia}$

Esta equação é muitas vezes simplificada da seguinte forma:

⁹ Os métodos gerais apresentados a seguir podem ser aplicados às Opções A, B e C descritas no restante do Capítulo 4. A Opção D inclui geralmente os ajustes dentro da simulação, embora o conjunto de condições de ajuste deva ainda ser escolhido.

Consumo de energia evitado (ou Economia) =

Consumo da linha de base ajustado – Consumo do período de determinação da economia
± Ajustes não-de rotina do consumo da linha de base às condições do período de determinação da economia 1b)

onde o consumo do período da linha de base ajustado é definido como o consumo da linha de base acrescido de quaisquer ajustes de rotina necessários para ajustá-lo às condições do período de determinação da economia.

O consumo da linha de base ajustado é normalmente obtido desenvolvendo-se primeiro um modelo matemático que correlaciona dados reais da energia da linha de base com variáveis independentes adequadas a este. Cada variável independente do período de determinação da economia é então inserida neste modelo matemático da linha de base, para produzir o consumo da linha de base ajustado.

Variáveis Independentes

Variável independente é um parâmetro que pode mudar regularmente e causar impacto mensurável no consumo de energia de um sistema ou instalação. Por exemplo, uma variável independente comum que rege o consumo de energia do edifício é a temperatura exterior. Do mesmo modo, em uma fábrica, o número de unidades produzido em determinado período é frequentemente uma variável independente que afeta significativamente o consumo de energia. Outra variável independente comum é o número de segundos, horas ou dias de cada período de medição. Ver também a seção 4.8.3.

Base de Condições Fixas ou Economia Normalizada

Outras condições que não as do período de determinação da economia podem ser usadas como base de ajuste. As condições podem ser as do período da linha de base, de algum outro período arbitrário, ou de um conjunto de condições típicas, médias ou 'normais'.

O ajuste a um conjunto fixo de condições reporta a um estilo de economia que pode ser denominado "economia normalizada" do período de determinação da economia. Neste método, os consumos do período de determinação da economia, e possivelmente da linha de base, são ajustados das suas condições reais ao conjunto selecionado de condições comuns fixas (ou 'normais').

A Equação 1c) reapresenta a Equação 1a) mais geral para tais relatórios de economia normalizada:

Economia Normalizada =

(Consumo da linha de base ± Ajustes de rotina às condições fixas

± Ajustes não de rotina às condições fixas)

– (Consumo do período de determinação da economia ± Ajustes de rotina às condições fixas

± Ajustes não-de rotina às condições fixas)

1c)

O cálculo do termo ajustes de rotina do período de determinação da economia implica habitualmente o desenvolvimento de um modelo matemático que correlaciona o consumo do período de determinação da economia com as variáveis independentes do período de determinação da economia. Este modelo é então utilizado para ajustar o consumo do período de determinação da economia às condições fixas escolhidas. Além disso, se o conjunto fixo de condições não for o da linha de base, um modelo matemático da linha de

base também será usado para ajustar o consumo da *linha de base* às condições fixas escolhidas.

Que base para ajuste, ou que tipo de ‘Economia’?

Fatores a ter em consideração quando se escolhe entre *consumo de energia evitado* e *economia normalizada*:

O modelo de *economia* de “Consumo de energia evitado” (Equação 1b):

- depende das condições de funcionamento do *período de determinação da economia*. Apesar de a economia poder ser ajustada corretamente para fenômenos como o clima, o nível reportado da *economia* depende deste último;
- não pode ser comparado diretamente com *economias* previstas sob condições da *linha de base*.

O modelo de *economia* da “Economia normalizada” (Equação 1c):

- não é afetado pelas condições do *período de determinação da economia*, uma vez que o conjunto fixo de condições é estabelecido uma única vez, e não é alterado;
- pode ser diretamente comparado com *economias* previstas sob o mesmo conjunto fixo de condições;
- apenas pode ser reportado depois de um ciclo completo de consumo de energia do *período de determinação da economia*, de modo que a correlação matemática entre o consumo do período de determinação da economia e as condições de funcionamento possa ser deduzida.

4.6 Visão Geral das Opções do PIMVP

As quantidades de *energia* nas várias formas da Equação 1) podem ser medidas por uma ou mais das seguintes técnicas:

- Faturas da concessionária ou do fornecedor de combustível, ou leitura dos medidores da concessionária, executando-se os mesmos ajustes às leituras feitos pela concessionária;
- Medidores especiais que isolam a *AEE*, ou parte da *instalação*, do restante da *instalação*. As medições podem ser periódicas durante pequenos intervalos, ou contínuas durante o *período da linha de base* ou dos *períodos de determinação da economia*;
- Medições separadas de parâmetros usados no cálculo do consumo de energia. Por exemplo, parâmetros de funcionamento dos equipamentos de carga elétrica e horas de funcionamento podem ser medidos separadamente e multiplicados um pelo outro, para calcular o consumo de energia do equipamento;
- Medição de representantes (*proxies*) comprovados de consumo de energia. Por exemplo, se o consumo de energia de um motor for correlacionado com o sinal de saída do variador de velocidade que controla este motor, o sinal de saída poderá ser um representante comprovado para a energia do motor;
- Simulação por computador calibrada com alguns dados de desempenho energético reais para o sistema ou a *instalação* a serem modelados. Um exemplo de simulação por computador é a análise DOE-2 para edifícios (apenas a Opção D).

Se um valor de *energia* já é conhecido com a precisão adequada, ou quando é mais dispendioso medir do que justificar pelas circunstâncias, então a medição de *energia* pode não ser necessária ou adequada. Nestes casos, algumas *estimativas* podem ser feitas de determinados parâmetros da *AEE*, mas outros devem ser medidos (apenas a Opção A).

O PIMVP fornece quatro opções para determinar a economia (A, B, C e D). A escolha entre as opções implica muitas considerações, inclusive o local da *fronteira de medição* (ver seção 4.5). Se for decidido determinar a *economia* em nível da *instalação*, a Opção C ou a Opção D poderão ser favorecidas. No entanto, se apenas é considerado o desempenho energético da própria *AEE*, uma técnica de medição isolada pode ser mais adequada (Opção A, Opção B ou Opção D).

A Tabela 2 resume as quatro opções explicadas da seção 4.7 a 4.9. Exemplos da utilização das opções encontram-se no Apêndice A. A seção 4.10 oferece orientação relativamente à seleção da opção adequada a um projeto específico.

Tabela 2
Visão geral das opções do PIMVP

Opção do PIMVP	Como calcular a economia	Aplicações típicas
<p>A. Medição Isolada da AEE: Medição dos parâmetros-chave</p> <p>A <i>economia</i> é determinada por medições no campo dos parâmetros-chave. Estes parâmetros definem o uso de <i>energia</i> dos sistemas afetados pela <i>AEE</i>, e/ou o sucesso do projeto. A frequência da medição vai desde o curto prazo a contínua, dependendo das variações esperadas no parâmetro medido e da duração do <i>período de determinação da economia</i>.</p> <p>Os parâmetros não selecionados para medição no campo são <i>estimados</i>. As <i>estimativas</i> podem basear-se em dados históricos, especificações do fabricante, ou avaliação de engenharia. É necessária a documentação da fonte ou a justificação do parâmetro <i>estimado</i>. O erro de <i>economia</i> plausível que surge da <i>estimativa</i> em vez da medição é avaliado.</p>	<p>Cálculo de engenharia do consumo da <i>linha de base</i> e do consumo do <i>período de determinação da economia</i> a partir de:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Medições a curto prazo ou contínuas de parâmetros-chave de funcionamento; e ○ Valores <i>estimados</i>. <p><i>Ajustes de rotina e não-de rotina</i> como exigido.</p>	<p>A AEE da iluminação onde a potência requerida é o parâmetro-chave de desempenho energético, medido periodicamente. Estimar as horas de funcionamento da iluminação com base nos horários do edifício e no comportamento dos ocupantes.</p>
<p>B. Medição isolada da AEE: Medição de todos os parâmetros</p> <p>A <i>economia</i> é determinada pela medição no campo do consumo de <i>energia</i> do sistema afetado pela <i>AEE</i>. A frequência da medição vai desde o curto prazo à contínua, dependendo das variações esperadas na <i>economia</i> e da duração do <i>período de determinação da economia</i>.</p>	<p>Medições a curto prazo ou contínuas do <i>consumo da linha de base</i> e <i>consumo do período de determinação da economia</i>, e/ou cálculos de engenharia, usando medições de representantes do consumo de <i>energia</i>.</p> <p><i>Ajustes de rotina e não-de rotina</i> como exigido.</p>	<p>Aplicação de variador de velocidade ajustável (variador de frequência) e controle de motor para ajustar o fluxo da bomba. Medir a potência elétrica com um medidor de kW instalado na alimentação elétrica do motor, o qual lê a potência a cada minuto. No <i>período da linha de base</i> este medidor permanece durante uma semana para verificar se a carga é <i>constante</i>. O medidor permanece no lugar</p>

Tabela 2
Visão geral
das
opções do
PIMVP

Opção do PIMVP	Como calcular a economia	Aplicações típicas
		durante o <i>período de determinação da economia</i> , para medir as variações da potência.
<p>C. Toda a Instalação A <i>economia</i> é determinada pela medição do consumo de energia em nível de toda a <i>instalação</i> ou sub <i>instalação</i>. Medições contínuas do consumo de <i>energia</i> de toda a <i>instalação</i> são efetuadas durante o <i>período de determinação da economia</i>.</p>	<p>Análise dos dados do medidor da <i>linha de base</i> de toda a <i>instalação</i> e do <i>período de determinação da economia</i>. <i>Ajustes de rotina</i> como exigido, usando técnicas tais como uma simples comparação ou análise de regressão. <i>Ajustes não-de rotina</i> como exigido.</p>	<p>Programa de gestão de energia multifacetado, afetando muitos sistemas em uma <i>instalação</i>. Medição do consumo de energia com os medidores de gás e eletricidade das concessionárias para um <i>período da linha de base</i> de doze meses e durante o <i>período de determinação da economia</i>.</p>
<p>D. Simulação calibrada A <i>economia</i> é determinada através da simulação do consumo de <i>energia</i> de toda a <i>instalação</i>, ou de uma <i>subinstalação</i>. Rotinas de simulação demonstram modelar adequadamente o desempenho energético real medido na <i>instalação</i>. Esta opção requer habitualmente competências consideráveis em simulação calibrada.</p>	<p>Simulação do consumo de energia, calibrada com dados de faturamento por hora ou mensal da concessionária (medidores de consumo de energia final podem ser usados para ajudar a refinar dados de entrada).</p>	<p>Programa de gestão de energia multifacetado, afetando muitos sistemas em uma <i>instalação</i>, onde não existia nenhum medidor no <i>período da linha de base</i>. Medições do consumo de energia, após a instalação de medidores de gás e de eletricidade, são usados para calibrar a simulação. Consumo de energia da <i>linha de base</i>, determinado com utilização da simulação calibrada, é comparado à simulação do consumo de energia do <i>período de determinação da economia</i>.</p>

4.7 Opções A & B: Medição Isolada das AEEs

A seção 4.4 define o conceito de *fronteira de medição* que engloba os equipamentos melhorados. A medição isolada das alterações permite o estreitamento da *fronteira de medição* a fim de reduzir o esforço requerido para monitorar *variáveis independentes* e *fatores estáticos*, quando as ações afetam apenas uma parte da *instalação*. No entanto, fronteiras menores do que toda a *instalação* requerem habitualmente medidores adicionais na *fronteira de medição*. *Fronteiras de medição* mais estreitas também introduzem a possibilidade de 'fuga' através de efeitos interativos não medidos.

Uma vez que a medição não é feita em toda a *instalação*, os resultados das técnicas de medição isoladas das AEEs não podem ser correlacionados com o consumo de energia total da *instalação*, registrado nas faturas da concessionária. Mudanças na *instalação* para além da *fronteira de medição*, e não relacionadas com a AEE, não serão reportadas pelas técnicas de medição isoladas, mas incluídas no consumo ou desempenho energético medido pela concessionária.

São apresentadas duas opções para isolar o consumo de energia dos equipamentos afetados por uma AEE do consumo de energia do resto das instalações:

- Opção A: Medição Isolada da AEE: Medição de parâmetros-chave (ver seção 4.7.1);
- Opção B: Medição Isolada da AEE: Medição de todos os parâmetros (ver seção 4.7.2);

O medidor isolador é colocado na *fronteira de medição* entre os equipamentos afetados pela AEE e os equipamentos que a AEE não afeta.

Quando se estabelece uma *fronteira de medição*, deve-se ter em atenção qualquer fluxo de energia afetado pela AEE para além da fronteira. Deve-se desenvolver um método para calcular tais *efeitos interativos* (ver seção 4.5.1). Por exemplo, uma redução da carga da iluminação reduz frequentemente o consumo de energia do sistema de HVAC (aquecimento, ventilação e ar condicionado), mas a única *fronteira de medição* razoável englobaria apenas a utilização da eletricidade das lâmpadas, não o seu impacto energético no aquecimento e refrigeração. Neste caso o efeito da AEE nas necessidades energéticas do HVAC é um *efeito interativo* que deve ser avaliado. Se é previsto que o *efeito interativo*

Exemplo de isolamento da AEE

Uma caldeira é substituída por outra mais eficiente. É estabelecido uma *fronteira de medição* apenas em torno da caldeira de modo que a avaliação da nova caldeira não seja afetada por variações na carga de aquecimento de toda a instalação.

Medidores para o consumo de combustível e calor fornecido pela caldeira são todo o necessário para avaliar a eficiência das duas caldeiras em toda a extensão do seu funcionamento. A *economia* é reportada para a AEE da caldeira, aplicando o melhoramento da eficiência observado à carga anual estimada da caldeira. O teste de eficiência da caldeira é repetido anualmente.

seja significativo, podem ser feitas estimativas de engenharia do *efeito interativo* como fração da *economia* de energia da iluminação medida. Cálculos de aquecimento e refrigeração convencionais podem ser usados com o objetivo de determinar a fração adequada para cada estação. No entanto, se a *fronteira de medição* puder ser aumentada para englobar os *efeitos interativos*, não haverá necessidade de estimá-los.

À exceção de pequenos *efeitos interativos* estimados, a *fronteira de medição* define os pontos de medição e a faixa de qualquer *ajuste* que pode ser usado nas várias formas da Equação 1). Apenas as mudanças nos sistemas de *energia* e nas variáveis de funcionamento dentro da *fronteira de medição* devem ser monitoradas para preparar o(s) termo(s) de *ajuste* da Equação 1).

A seção 4.5.2 examina, de forma geral, os períodos de medição. Os parâmetros podem ser medidos continuamente, ou medidos periodicamente durante curtos períodos de tempo. A quantidade esperada de variação no

parâmetro vai reger a decisão de medir contínua ou periodicamente. Onde não se espera a alteração de um parâmetro, este pode ser medido imediatamente após a instalação da AEE, e verificado ocasionalmente durante o *período de determinação da economia*.

A frequência desta verificação pode ser determinada começando-se por medições frequentes para verificar se o parâmetro é *constante*. Uma vez que se prove que este é *constante*, a frequência da medição pode ser reduzida. Para manter o controle da *economia*

à medida que a frequência da medição diminui, mais inspeções frequentes ou outros testes podem ser realizados para verificar o funcionamento adequado.

A medição contínua fornece maior certeza da *economia* reportada e mais dados acerca do funcionamento dos equipamentos. Esta informação pode ser utilizada para melhorar ou otimizar o funcionamento dos equipamentos em uma base de tempo real, melhorando deste modo o benefício da própria *AEE*. Resultados de vários estudos mostraram ser possível alcançar de cinco a quinze por cento de *economia* de energia através da utilização cuidadosa do armazenamento contínuo de dados (Claridge *et al.* 1994, 1996; Haberl *et al.* 1995).

Se a medição não for contínua e os medidores forem retirados entre leituras, o local da medição e as especificações do dispositivo de medição deverão ser registrados no Plano de M&V, juntamente com o procedimento para a calibração do medidor a ser usado. Onde se espera que um parâmetro seja constante, os intervalos de medição podem ser curtos e ocasionais. Partindo do princípio de que apresentam uma carga *constante*, os motores elétricos em uma fábrica industrial fornecem um exemplo comum de potência *constante*. Contudo, os períodos de funcionamento do motor podem variar com o tipo de produto a ser produzido a cada dia. Onde um parâmetro pode mudar periodicamente, as medições ocasionais deste parâmetro (horas de funcionamento neste exemplo do motor) devem ser feitas nos momentos representativos do comportamento normal do sistema.

Onde um parâmetro pode variar diariamente ou de hora em hora, como na maior parte dos sistemas de aquecimento ou refrigeração dos edifícios, a medição contínua pode ser a mais simples. Para as cargas que dependem das alterações climáticas, as medições podem ser efetuadas durante um período longo o bastante para caracterizar adequadamente o padrão de carga durante todas as partes do seu ciclo anual normal (isto é, cada estação, e dias de semana/fim de semana), e repetidas sempre que necessário durante o *período de determinação da economia*. Exemplos deste perfil dia-tipo podem ser encontrados em Katipamula e Haberl (1991), Akbari *et al.* (1988), Hadley e Tomich (1986), Bou Saada e Haberl (1995a, 1995b) e Bou Saada *et al.* (1996).

Quando múltiplas versões da mesma instalação de *AEE* são incluídas na *fronteira de medição*, amostras estatisticamente válidas podem ser usadas como medições válidas do parâmetro total. Tais situações surgem, por exemplo, quando o consumo total da alimentação da iluminação não pode ser medido no quadro elétrico, em virtude da presença de cargas não de iluminação no mesmo quadro. Em vez disso, uma amostra estatisticamente significativa de aparelhos de iluminação é medida antes e depois da implementação da *AEE*, para avaliar a mudança no consumo da alimentação. Estes dados de amostra podem ser utilizados como as 'medições' do consumo total da alimentação. O Apêndice B-3 analisa as questões estatísticas envolvidas na amostragem.

Poderão ser utilizados medidores portáteis se for necessária apenas uma medição a curto-prazo. O custo dos medidores portáteis pode ser partilhado com outros objetivos. No entanto, medidores instalados permanentemente também fornecem informações aos colaboradores responsáveis pela gestão da instalação, ou ao equipamento de controle automático para a otimização dos sistemas. Medidores suplementares podem também permitir o faturamento de usuários individuais ou departamentos na instalação.

As técnicas de medição isoladas da implementação de *AEE* são mais bem aplicadas onde:

- Apenas o desempenho energético dos sistemas afetados pela *AEE* é tido em consideração, seja em virtude das responsabilidades atribuídas às partes em um *contrato de desempenho energético*, seja em razão de a economia da *AEE* se mostrar demasiado pequena para ser detectada no tempo disponível usando a Opção C;
- Os *efeitos interativos* da *AEE* no consumo de *energia* de outros equipamentos da instalação podem ser estimados razoavelmente ou podem ser considerados insignificantes;

- Possíveis alterações da *instalação* fora da *fronteira de medição* são difíceis de identificar ou avaliar;
- As *variáveis independentes* que afetam o consumo de *energia* não são demasiadamente difíceis ou dispendiosas de monitorar;
- Já existem submedidores para isolar o consumo de *energia* dos sistemas;
- Os medidores acrescentados à *fronteira de medição* podem ser usados para outros fins, tais como informações operacionais ou sub-faturamento;
- A medição de parâmetros é menos dispendiosa do que as simulações da Opção D ou os *ajustes não-de rotina* da Opção C;
- Não são exigidos testes de longa duração;
- Não há necessidade de reconciliar diretamente relatórios de economia com alterações nos pagamentos aos fornecedores de energia.

As características únicas de cada uma das técnicas de medição isoladas da AEE são discutidas nas seções 4.7.1 e 4.7.2, mais abaixo. Questões de medição comuns que surgem quando se utilizam técnicas de medição isoladas de AEE são discutidas na seção 4.7.3.

4.7.1 Opção A: Medição isolada de AEE: Medição dos parâmetros-chave

Com a Opção A, Medição Isolada de AEE: Medição dos Parâmetros-Chave, as quantidades de *energia* na Equação 1) podem ser derivadas de um cálculo, usando-se uma combinação de medições de alguns parâmetros e *estimativas* dos outros. Tais *estimativas* devem apenas ser usadas onde se possa mostrar que a incerteza combinada de todas não afetará significativamente a *economia* global reportada. É preciso decidir quais são os parâmetros a medir e quais os que devem ser *estimados*, tendo em consideração a contribuição de cada parâmetro para a incerteza global da *economia* reportada. Os *valores estimados* e a análise da sua importância devem ser incluídos no *Plano de M&V* (Capítulo 5). As *estimativas* podem-se basear em dados históricos, tais como as horas de funcionamento registradas do *período da linha de base*; dados publicados dos fabricantes dos equipamentos; testes laboratoriais; ou dados típicos do clima.

Quando se sabe que determinado parâmetro, tal como as horas de utilização, é *constante*, e não se espera que venha a ser influenciado pela *AEE*, a sua medição durante o *período de determinação da economia* é suficiente. A medição do *período de determinação da*

O que medir?

Considere-se o exemplo de um projeto de iluminação onde a potência consumida do *período de determinação da economia* é medida, mas a potência do *consumo da linha de base* não é medida. Por conseguinte, a potência consumida deve ser tratada como uma *estimativa*, no contexto da utilização da Opção A.

Como resultado, as horas de funcionamento deverão ser medidas, se o procedimento usado for para aderir à Opção A do PIMVP.

economia de um parâmetro constante pode também ser considerada medição do seu valor do *período da linha de base*.

Sempre que um parâmetro conhecido por variar independentemente não for medido na instalação durante os *período da linha de base* e do *período de determinação da economia*, este parâmetro deverá ser tratado como *estimativa*.

Cálculos de engenharia ou modelagem matemática podem ser usados para avaliar a importância dos erros na estimativa de qualquer parâmetro na *economia* reportada. Por exemplo, se as horas de funcionamento do equipamento devem ser estimadas, mas podem variar de 2.100 a 2.300 horas por

ano, a *economia* estimada a 2.100 e a 2.300 horas deve ser calculada, sendo a diferença avaliada pela sua importância relativamente à *economia* esperada. O efeito combinado de

todas estas *estimativas* possíveis deve ser avaliado antes de determinar se existe medição suficiente no local. Ver também Apêndice B-5.1.

A seleção dos fatores a medir pode também ser considerada relativamente aos objetivos do projeto ou aos deveres de um contratante, correndo alguns riscos de desempenho energético em relação à *AEE*. Quando um fator é significativo para avaliar o desempenho energético, deve ser medido. Outros fatores, fora do controle do contratante, podem ser estimados.

Se o cálculo da *economia* implica subtrair de um parâmetro *estimado* um parâmetro medido, o resultado é uma *estimativa*. Por exemplo, se um parâmetro é medido durante o *período de determinação da economia* e é subtraído de um valor não medido para o mesmo parâmetro no *período da linha de base*, a diferença resultante é apenas uma *estimativa*.

Exemplo da aplicação da Opção A é uma *AEE* que implica a instalação de equipamentos de iluminação de alta eficiência, sem mudar os períodos de iluminação. A *economia* pode ser determinada, usando-se a Opção A, medindo-se a potência consumida do circuito de iluminação antes e depois da ação corretiva, e fazendo-se a *estimativa* do período de funcionamento.

Outras variações neste tipo de *AEE*, apresentadas mais abaixo na Tabela 3, mostram as circunstâncias nas quais as *estimativas* aderem às orientações da Opção A.

Tabela 3
Exemplo de
iluminação

Situação	Medição x Estratégia de estimativa		Adesão à Opção A?
	Horas de funcionamento	Potência consumida	
<i>AEE</i> reduz as horas de funcionamento	Medição	<i>Estimativa</i>	Sim
	<i>Estimativa</i>	Medição	Não
<i>AEE</i> reduz a potência consumida	<i>Estimativa</i>	Medição	Sim
	Medição	<i>Estimativa</i>	Não
<i>AEE</i> reduz tanto a potência quanto as horas de funcionamento			
Potência da linha de base incerta, horas de funcionamento conhecidas	<i>Estimativa</i>	Medição	Sim
	Medição	<i>Estimativa</i>	Não
Potência conhecida, mas horas de funcionamento incertas	Medição	<i>Estimativa</i>	Sim
	<i>Estimativa</i>	Medição	Não
Potência e horas de funcionamento pouco conhecidas	Medição	<i>Estimativa</i>	Não – Usar Opção B
	<i>Estimativa</i>	Medição	

Quando se planejar um procedimento com a Opção A, será preciso ter em consideração tanto a taxa de variação do *consumo da linha de base* quanto o impacto energético da *AEE*, antes de estabelecer quais os parâmetros a serem medidos. Os três exemplos seguintes mostram a gama de cenários que podem surgir:

- a *AEE* reduz uma carga constante sem alterar as suas horas de funcionamento. Exemplo: os aparelhos de iluminação de uma planta industrial são substituídos por outros mais eficientes, mas as horas de utilização da iluminação não mudam. Para medir razoavelmente o efeito do projeto, os níveis de potência dos aparelhos devem ser medidos nos períodos da linha de base e de determinação da economia, enquanto as horas de funcionamento são estimadas nos cálculos de energia;
- a *AEE* reduz as horas de funcionamento, enquanto a carga permanece inalterada. Exemplo: comandos automáticos desligam os compressores de ar durante os períodos desocupados. Para medir razoavelmente o efeito do projeto, o tempo de funcionamento dos compressores deve ser medido tanto no período da linha de base como no período

de determinação da economia, ao passo que a potência dos compressores pode ser estimada nos cálculos de energia;

- a AEE reduz a carga do equipamento e as horas de funcionamento. Exemplo: o reajuste da temperatura em um sistema de irradiação de água quente reduz o sobreaquecimento e induz os ocupantes a fecharem as janelas, reduzindo desta forma a carga da caldeira e os períodos de funcionamento. Quando a carga e os períodos de funcionamento são variáveis e incertos, a Opção A não pode ser utilizada.

Geralmente, as condições de carga variável ou as horas de funcionamento variáveis requerem medições e cálculos mais rigorosos.

Opção A: Cálculos

A Equação Geral 1) na seção 4.1 é utilizada em todos os cálculos aderentes ao PIMVP. No entanto, com a Opção A, pode não haver necessidade de *ajustes de rotina* ou *não-de rotina*, dependendo do local da *fronteira de medição*, da natureza de quaisquer *valores estimados*, da duração do *período de determinação da economia*, ou do espaço de tempo entre as medições do *período da linha de base* e as medições do *período de determinação da economia*.

De forma semelhante, as medições de *energia* do *período da linha de base* ou do *período de determinação da economia* implicam apenas a medição de um parâmetro com a Opção A, e a estimativa do outro. Por conseguinte, a Equação 1) pode ser simplificada da seguinte forma:

Opção A *Economia* = Valor estimado x (*Período da linha de base*, parâmetro medido
– *Período de determinação da economia*, parâmetro medido) 1d)

Opção A: Verificação da instalação

Uma vez que alguns valores podem ser *estimados* quando se usa a Opção A, é necessário ter muito cuidado com a revisão da concepção e da instalação, para garantir que as *estimativas* sejam realistas, realizáveis, e baseadas em equipamentos que devem realmente produzir a *economia* prevista.

A intervalos definidos durante o *período de determinação da economia*, a instalação deve voltar a ser inspecionada, para verificar a permanência dos equipamentos, seu funcionamento adequado e sua manutenção. Tais inspeções vão garantir a continuação do potencial para gerar a economia prevista, e validar os *parâmetros estimados*. A frequência destas inspeções é determinada pela probabilidade de alterações do desempenho energético. Tal probabilidade pode ser estabelecida através de frequentes inspeções iniciais, para estabelecer a estabilidade da existência e do desempenho energético dos equipamentos.

Um exemplo de situação que necessita de inspeções de rotina se encontra na AEE de um sistema de iluminação. Pode-se determinar a *economia* mediante uma amostra do desempenho energético dos aparelhos de iluminação e contando o número dos aparelhos em funcionamento. Neste caso, a permanência dos aparelhos e o funcionamento das lâmpadas são críticos para a determinação da *economia*. De forma semelhante, onde a programação dos controles é assumida, mas sujeita a manipulações, registros regulares da programação dos controles ou o funcionamento real do equipamento podem limitar a incerteza dos *valores estimados*.

Opção A: Custo

A determinação da *economia* com a Opção A pode ser menos dispendiosa do que nas outras Opções, uma vez que o custo de *estimar* um parâmetro é muitas vezes significativamente menor do que o custo da medição. No entanto, em algumas situações em que a *estimativa* é a única possibilidade, uma boa *estimativa* pode ser mais dispendiosa do que se a medição direta fosse possível. A planificação dos custos para a Opção A deve ter

em consideração todos os elementos: análise, *estimativa*, instalação dos medidores, e custo para ler e registrar dados.

Opção A: Melhores aplicações

Além das melhores aplicações do isolamento da AEE da seção 4.7, mencionadas acima, a Opção A é mais bem aplicada onde:

- a *estimativa* de parâmetros não chave pode evitar *ajustes não-de rotina* difíceis, quando alterações futuras acontecem dentro da *fronteira de medição*;
- a incerteza criada pelas *estimativas* é aceitável;
- a eficácia contínua da AEE pode ser avaliada por uma simples rotina de re-teste dos parâmetros chave;
- a *estimativa* de alguns parâmetros é menos dispendiosa do que a sua medição na Opção B ou sua simulação na Opção D;
- os parâmetros-chave usados no cálculo da *economia* estão bem definidos. Os parâmetros-chave são usados para avaliar o desempenho energético de um projeto, ou o desempenho de um contratante.

4.7.2 Opção B: Medição isolada de AEE: Medição de todos os parâmetros

A Opção B, Medição Isolada de AEE: Medição de Todos os Parâmetros, requer a medição de todas as quantidades de *energia* da Equação 1), ou de todos os parâmetros necessários para calcular a *energia*.

A *economia* proporcionada pela maior parte dos tipos de AEEs pode ser determinada com a Opção B. No entanto, o grau de dificuldade e os custos aumentam em função do aumento da complexidade da medição. Os métodos da Opção B serão geralmente mais difíceis e dispendiosos do que os da Opção A. Todavia, a Opção B produzirá resultados mais precisos onde as cargas e/ou os padrões de *economia* forem variáveis. Estes custos adicionais poderão ser justificáveis se um contratante for responsável por todos os fatores que influenciem a *economia de energia*.

Opção B: Cálculos

A Equação Geral 1) na seção 4.1 é utilizada em todos os cálculos aderentes ao PIMVP. No entanto, com a Opção B pode não haver necessidade de *ajustes, de rotina* ou *não-de rotina*, dependendo do local da *fronteira de medição*, da duração do *período de determinação da economia*, ou do espaço de tempo decorrido entre as medições do período da *linha de base* e as medições do *período de determinação da economia*. Por conseguinte, para a Opção B, a Equação 1) pode ser simplificada da seguinte forma:

$$\text{Opção B } \textit{Economia} = \textit{Energia da linha de base} - \textit{Energia do período de determinação da economia} \quad 1e)$$

Opção B: Melhores aplicações

Para além dos métodos de medição isolada de AEE da seção 4.7 acima mencionados, a Opção B é mais bem aplicada onde:

- os medidores acrescentados para fins de isolamento serão utilizados para outros fins, tais como a informação operacional ou a faturamento de um consumidor;
- a medição de todos os parâmetros é menos dispendiosa do que a simulação na Opção D;
- a *economia* ou as operações dentro da *fronteira de medição* são variáveis.

4.7.3 Aspectos da medição isolada da AEE

A medição isolada da AEE requer habitualmente a adição de medidores especiais, quer a curto prazo, quer em base permanente. Estes medidores podem ser instalados durante uma auditoria de *energia*, para ajudar a caracterizar o consumo de *energia* antes da concepção da AEE. Ou os medidores podem ser instalados para medir o desempenho energético da *linha de base* para um *Plano de M&V*.

Por exemplo, na *fronteira de medição* é possível medir: temperatura; umidade; fluxo; pressão; tempo de funcionamento dos equipamentos; energia elétrica ou térmica. Devem-se seguir as boas práticas de medição para calcular a *economia de energia* com precisão e repetibilidade razoáveis. As práticas de medição estão em constante evolução, à medida que os equipamentos de medição melhoram. Por conseguinte, devem-se usar as práticas de medição mais recentes para apoiar a *economia* (ver também seção 8.11).

As seções seguintes definem alguns aspectos-chave da medição a serem tomados em consideração quando se utilizarem técnicas de medição isoladas de AEE.

Medições de eletricidade

Para medir eletricidade com precisão medem-se a diferença de potencial (tensão), a intensidade de corrente e o fator de potência ou a potência eficaz (RMS¹⁰) por meio de um único instrumento. No entanto, só a medição da corrente e da tensão podem definir adequadamente a potência em cargas puramente resistivas, tais como lâmpadas incandescentes e aquecedores com resistências sem motores de ventilação. Ao medir a potência, certifique-se de que a forma de onda elétrica da carga resistiva não é distorcida por outros dispositivos na *instalação*.

Medir a demanda elétrica ao mesmo tempo em que a concessionária mede a demanda máxima para seu faturamento. Esta medição requer habitualmente o registro contínuo da demanda no submedidor. A partir deste registro, a demanda do submedidor pode ser lida para o momento em que a concessionária registrou a demanda máxima no seu medidor. A concessionária pode revelar a demanda máxima, seja através das suas faturas, seja através de um relatório especial.

Os métodos de medição da demanda variam de companhia para companhia. O método de medi-la em um submedidor deverá ser uma réplica do método que a concessionária utiliza para o medidor de faturamento relevante. Por exemplo, se a concessionária calcula a demanda usando intervalos fixos de 15 minutos, então o medidor de registro deve ser instalado com a finalidade de registrar dados para os mesmos intervalos de 15 minutos. No entanto, se a companhia utilizar um intervalo móvel para registrar dados de demanda de energia elétrica, o registrador de dados deverá ter capacidades similares. Esta capacidade de intervalo móvel pode ser emulada, registrando-se dados em intervalos fixos de um minuto, e em seguida recriando-se os intervalos da concessionária com o uso de um software de pós-processamento. Todavia, deve-se ter o cuidado de garantir que a instalação não contenha combinações pouco comuns de equipamentos, as quais produzem cargas de pico máximo de um minuto, capazes de aparecer de forma diferente em um intervalo móvel ou em um intervalo fixo. Depois de processados os dados com base nos intervalos da concessionária, é preciso convertê-los em dados hora a hora para arquivo e para mais análises.

Calibração

Os medidores devem ser calibrados seguindo as recomendações do fabricante do equipamento, e de acordo com os procedimentos das autoridades de medição reconhecidas. Deve-se utilizar, sempre que possível, equipamento de calibração certificado, rastreável ao padrão nacional até terceira ordem. Os sensores e os equipamentos de

¹⁰ Os valores eficazes ou RMS (raiz média quadrática) podem ser medidos por instrumentos digitais de estado sólido, para avaliar corretamente a potência elétrica real quando existem distorções de onda em circuitos de corrente alternada.

medição devem ser selecionados com base na facilidade de calibração e na capacidade de manter a sua calibração. Uma solução atrativa é a seleção de equipamento auto-calibrável. Referências selecionadas sobre calibração são apresentadas no Capítulo 10.3.

4.8 Opção C: Toda a instalação

Opção C: Toda a Instalação implica a utilização de medidores da concessionária, medidores de toda a *instalação*, ou submedidores, para avaliar o desempenho energético de toda a *instalação*. A *fronteira de medição* inclui toda a *instalação* ou grande parte desta. Esta Opção determina a *economia* coletiva de todas as *AEEs* aplicadas à parte da *instalação* monitorada pelo medidor de *energia*. Além disso, uma vez que são usados os medidores de toda a *instalação*, a *economia* reportada com a Opção C inclui os efeitos positivos ou negativos de todas as alterações feitas na *instalação*, não relacionadas com a *AEE*.

A Opção C destina-se a projetos em que a *economia* esperada é significativa, comparada com as variações de energia aleatórias ou inexplicáveis ocorridas em nível de toda a *instalação*. Se a *economia* for grande, comparada com as variações inexplicadas nos dados da *linha de base*, então será fácil identificar a *economia*. E também, quanto mais longo for o período de determinação da *economia* após a instalação da *AEE*, menos significativo será o impacto das variações inexplicáveis a curto termo¹¹. Tipicamente a *economia* deve ultrapassar 10% do *consumo da linha de base*, quando se espera discriminar com confiança a *economia* a partir dos dados da *linha de base* quando o *período de determinação da economia* é inferior a dois anos.

Identificar mudanças na *instalação* que vão requerer *ajustes não-de rotina* constitui o principal desafio associado à Opção C, particularmente quando a *economia* é monitorada por longos períodos (ver também seção 8.2 sobre *ajustes não de rotina da linha de base*). Por conseguinte, devem-se realizar inspeções periódicas em todos os equipamentos e nas operações da *instalação*, durante o *período de determinação da economia*. Estas inspeções identificam as mudanças nos *fatores estáticos* das condições da *linha de base*, e devem fazer parte do monitoramento regular para garantir que os métodos de funcionamento previstos ainda estejam sendo seguidos.

4.8.1 Opção C: Aspectos relativos aos dados de energia

Quando o fornecimento da concessionária é apenas medido em um ponto central de um grupo de *instalações*, submedidores são necessários em cada *instalação* ou grupo de *instalações* para os quais o desempenho energético individual é avaliado.

Podem ser usados vários medidores para medir o fluxo de um tipo de energia em uma instalação. Se um medidor fornece *energia* a um sistema que interage com outros sistemas de *energia*, direta ou indiretamente, os dados deste medidor devem ser incluídos na determinação da *economia* de toda a *instalação*.

Podem ser ignorados os medidores que registram fluxos de energia não-interativos com os fluxos onde se aplica a *AEE*. Um exemplo são os circuitos de iluminação exterior medidos separadamente.

É necessário determinar a *economia* separadamente para cada medidor ou submedidor que servem uma *instalação*, de modo que as mudanças no desempenho energético possam ser avaliadas para as partes da instalação medidas separadamente. No entanto, quando um medidor mede apenas uma pequena fração do consumo total de um tipo de energia, ele pode ser totalizado com os medidores maiores para reduzir as tarefas de gestão de dados. Quando os medidores elétricos são combinados desta forma, deve-se reconhecer que medidores de pequeno consumo não têm muitas vezes dados de demanda, o que faz com que os dados totalizados de consumo já não forneçam informação significativa sobre o fator de carga.

¹¹ Ver anexo B-5. A ASHRAE (2002) fornece métodos quantitativos para avaliar o impacto das variações nos dados do *consumo da linha de base* à medida que o *'período de determinação da economia'* se alonga.

Se a leitura de vários medidores diferentes é feita em dias separados, cada medidor que tenha um período de faturamento único deve ser analisado separadamente. A *economia* resultante poderá ser combinada após a análise de cada medidor individual, se as datas forem informadas.

Se faltarem alguns dados de energia do *período de determinação da economia*, poderá ser criado um modelo matemático do *período de determinação da economia* para completar os dados em falta. No entanto, a *economia* reportada para o período em falta deve identificar esta *economia* como "dados em falta".

4.8.2 Opção C: Aspectos relativos às faturas de energia

Os dados de energia para a Opção C provêm muitas vezes dos medidores da concessionária, seja através da leitura direta do medidor, seja a partir das faturas da concessionária. Quando as contas da concessionária constituem a origem dos dados, deve-se reconhecer que a necessidade da concessionária de leituras regulares do medidor não é habitualmente tão grande quanto as necessidades requeridas pela M&V. Por vezes as contas da concessionária contêm dados estimados, especialmente em contas pequenas. Outras vezes não pode ser determinado a partir da própria conta se os dados foram estimados ou foram resultado da leitura do medidor. Leituras de medidores estimadas não reportadas criam erros desconhecidos para os meses estimados, e também para o mês seguinte à leitura real do medidor. No entanto, a primeira fatura com leitura real após uma ou mais estimativas vai corrigir os erros anteriores das quantidades de energia. Os relatórios de *economia* devem indicar quando as estimativas fazem parte dos dados da concessionária.

Quando uma empresa de eletricidade estima a leitura de um medidor, não existem dados válidos para a demanda de energia elétrica deste período.

A energia pode ser fornecida a uma instalação indiretamente, através de instalações de armazenamento no local, como ocorre para o óleo, o propano ou o carvão. Nessas situações, as faturas de entrega do fornecedor de energia não representam o consumo real da instalação durante o período entre entregas. Idealmente um medidor a jusante do armazenamento mede o consumo de energia. Todavia, quando não existe este tipo de medidor, ajustes em nível de inventário para cada período de faturamento devem completar as faturas.

4.8.3 Opção C: Variáveis independentes

Parâmetros que mudam regularmente e afetam o *consumo de energia da instalação* são denominados *variáveis independentes* (ver também caixa de texto na seção 4.5.3). As *variáveis independentes* mais comuns são o clima, o volume de produção e a ocupação. O clima tem várias dimensões, mas para a análise de toda a instalação, o clima é apenas a temperatura exterior do ar medida nos termômetros de bulbo seco. A produção tem muitas dimensões, dependendo da natureza do processo industrial. A produção é tipicamente expressa em unidades de massa ou unidades volumétricas de cada produto. A ocupação é definida de várias formas, tais como a ocupação de um quarto de hotel, as horas de ocupação de um edifício de escritórios, os dias ocupados (dias de semana/fins de semana), ou as vendas de refeições de restaurantes.

A modelagem matemática poderá avaliar *variáveis independentes* se estas forem cíclicas. A *análise de regressão* e outras formas de modelagem matemática podem determinar o número de *variáveis independentes* a considerar nos dados da *linha de base* (ver Apêndice B-2). Os parâmetros que têm efeito significativo no consumo da linha de base devem ser incluídos nos *ajustes de rotina* durante a determinação da economia¹², usando-se a Equação 1a), b) ou c).

¹² Todos os outros parâmetros que afetam o consumo de *energia*, isto é "fatores estáticos" (ver caixa de texto na seção 4.5.3) devem ser medidos e registrados nos *períodos do consumo da linha de base* e de *determinação da economia*, de modo que possam ser executados *ajustes não periódicos*, se necessário (ver seção 8.8).

As *variáveis independentes* devem ser medidas e registradas ao mesmo tempo que os dados de energia. Por exemplo, os dados do clima devem ser registrados diariamente a fim de que possam ser totalizados para corresponder ao período mensal de medição de energia exato, o qual pode diferir do mês do calendário. A utilização de dados mensais médios da temperatura, para um período de medição de energia de um mês que não corresponda ao do calendário, introduz erros desnecessários na análise.

4.8.4 Opção C: Cálculos e modelos matemáticos

Para a Opção C, os termos dos *ajustes de rotina* da Equação 1a) são calculados desenvolvendo-se um modelo matemático válido para cada padrão de consumo de *energia* representado por um medidor. Um modelo pode ser tão simples quanto uma lista ordenada de doze quantidades mensais de *energia*, medidas sem quaisquer ajustes. No entanto, um modelo inclui frequentemente fatores derivados da *análise de regressão*, que correlaciona a energia a uma ou mais *variáveis independentes*, tais como temperatura exterior, graus-dia, duração do período de medição, produção, ocupação, e/ou modo de funcionamento. Os modelos também podem incluir um conjunto diferente de parâmetros de regressão para cada gama de condições, tais como verão ou inverno, em edifícios com variações de consumo de *energia* sazonais. Por exemplo, em escolas onde o consumo de *energia* do edifício difere entre o ano escolar e o período de férias, pode-se necessitar de modelos de regressão separados para os diferentes períodos de utilização (Landman e Haberl 1996a; 1996b).

A Opção C deve usar anos completos (12, 24, ou 36 meses) de dados contínuos durante o *período da linha de base*, e de dados contínuos durante os *períodos de determinação da economia* (Fels, 1986). Os modelos que usam outro número de meses (9, 10, 13, ou 18 meses, por exemplo) podem criar um viés estatístico ao sub ou sobre representar modos normais de funcionamento.

Os dados do medidor de toda a *instalação* podem ser horários, diários ou mensais. Os dados horários devem ser consolidados em dados diários a fim de limitar o número de *variáveis independentes* necessário para produzir um modelo razoável da *linha de base*, sem aumentar significativamente a incerteza na economia calculada (Katipamula, 1996, Kissock et al., 1992). A variação dos dados diários resulta muitas vezes do *ciclo* semanal da maioria das instalações.

Muitos modelos matemáticos são adequados para a Opção C. Para selecionar aquele mais adequado à aplicação, devem-se considerar os índices de avaliação estatística, tais como R^2 e t (ver Apêndice B-2.2)¹³. O Apêndice B-2.2 ou a literatura estatística publicada podem ajudar a demonstrar a validade estatística do modelo selecionado.

4.8.5 Opção C: Medição

A medição da *energia* em toda a *instalação* pode ser feita pelos medidores da concessionária. Os dados dos medidores da concessionária são considerados 100% precisos para a determinação da *economia*, porque definem o pagamento da *energia*. As regulamentações comerciais relativas à comercialização de produtos energéticos habitualmente determinam a precisão dos dados dos medidores da concessionária.

Os medidores das concessionárias podem estar equipados ou ser modificados para fornecer a saída de um impulso elétrico para ser registrado por um equipamento de monitoramento da *instalação*. A constante de *energia* por impulso do transmissor de impulsos deve ser calibrada contra uma referência conhecida, tal como dados semelhantes registrados pelo medidor da concessionária.

¹³ Informações adicionais com respeito a estes procedimentos de seleção podem ser encontradas em Reynolds e Fels (1988), Kissock *et al.* (1992, 1994) e no ASHRAE Handbook of Fundamentals (2005) Capítulo 32 (Manual de Princípios fundamentais do ASHRAE). ASHRAE (2002) também fornece vários testes estatísticos para validar a utilidade dos modelos de regressão derivados.

Os medidores individuais instalados pelo proprietário da *instalação* podem medir a energia de toda a *instalação*. A precisão destes medidores deve ser considerada no *Plano de M&V*, juntamente com uma forma de comparação das suas leituras com as leituras do medidor da concessionária.

4.8.6 Opção C: Custo

O custo da Opção C depende da origem dos dados de *energia*, bem como da dificuldade em localizar *fatores estáticos* dentro da *fronteira de medição*, para permitir *ajustes não-de rotina* durante o *período de determinação da economia*. O medidor da concessionária ou um submedidor já existente funcionarão bem se os dados do medidor forem corretamente registrados. Esta escolha não necessita de nenhum custo extra de medição.

O custo da localização de alterações nos *fatores estáticos* depende do tamanho da *instalação*; da probabilidade de alteração dos *fatores estáticos*; da dificuldade em detectar as alterações e dos procedimentos de vigilância já existentes.

4.8.7 Opção C: melhores aplicações

A Opção C aplica-se melhor onde:

- O desempenho *energético* de toda a *instalação* será avaliado, não apenas o das *AEEs*;
- Existem muitos tipos de *AEEs* em uma *instalação*;
- As *AEEs* implicam atividades cujo consumo individual de *energia* é difícil de medir separadamente (formação do operador, melhoramento das paredes ou janelas, por exemplo).
- A *economia* é grande, comparada com a variação dos dados da *linha de base*, durante o *período de determinação da economia* (ver Apêndice B-1.2);
- As técnicas de medição isoladas de *AEE* (Opção A ou B) são excessivamente complexas. Por exemplo, quando *efeitos interativos* ou interações entre *AEEs* são substanciais;
- Não são previstas grandes mudanças futuras na instalação durante o *período de determinação da economia*;
- Um sistema de acompanhamento dos *fatores estáticos* pode ser estabelecido para efetuar possíveis *ajustes não-de rotina* futuros ;
- Podem-se encontrar correlações razoáveis entre o *consumo de energia* e outras *variáveis independentes*.

4.9 Opção D: Simulação calibrada

A Opção D, Simulação Calibrada, implica a utilização de um software de simulação computadorizada a fim de prever a *energia* da *instalação* para um ou ambos os termos da Equação 1). Um modelo de simulação deve ser "calibrado" para prever um padrão de *energia* que corresponda aproximadamente aos verdadeiros dados medidos.

A Opção D pode ser usada para avaliar o desempenho energético de todas as *AEEs* em uma *instalação*, semelhantemente à Opção C. No entanto, a ferramenta de simulação da Opção D permite também estimar a *economia* atribuível a cada *AEE* em um projeto de múltiplas *AEEs*.

A Opção D também pode ser usada para avaliar apenas o desempenho energético de sistemas individuais em uma *instalação*, semelhantemente às Opções A e B. Neste caso, o consumo de *energia* do sistema deve ser isolado do resto da instalação através de medidores apropriados, como discutido nas seções 4.5 e 4.7.

A Opção D é útil onde:

- os dados de *energia* do *período da linha de base* não existem ou não estão disponíveis. Tal situação pode surgir pelos seguintes motivos:
 - um novo projeto de construção,
 - uma expansão da instalação necessitando ser avaliada separadamente do todo, ou
 - um agrupamento de *instalações* com medição central, onde não existe nenhum medidor individual da *instalação* no *período da linha de base*, mas medidores individuais estarão disponíveis depois da instalação da *AEE*;
- os dados do *período de determinação da economia* não estão disponíveis ou estão obscurecidos por fatores difíceis de quantificar. Às vezes é demasiado difícil prever como as futuras alterações da *instalação* podem afetar o consumo de *energia*. Alterações do processo industrial ou novos equipamentos tornam frequentemente o cálculo dos *ajustes não de rotina* tão inexato, que as Opções A, B ou C criariam um erro excessivo na determinação da *economia*;
- é preciso determinar a *economia* associada a *AEEs* individuais, onde as medições com as Opções A ou B são muito difíceis ou dispendiosas.

Se a *energia* do *período de determinação da economia* for prevista pelo *software* de simulação, a *economia* determinada persistirá apenas se os métodos de funcionamento simulados continuarem. Inspeções periódicas vão identificar as alterações das condições do *período da linha de base*, bem como o desempenho energético dos equipamentos modelados (ver também seção 4.7.1). A simulação deverá ser ajustada em conformidade.

A Opção D é a abordagem principal de *M&V* para avaliar as inclusões de eficiência *energética* na concepção de novas *instalações*. A seção da Parte I do Volume III do PIMVP, intitulada “Conceitos e opções para a determinação da *economia* em novas construções”, fornece orientação pormenorizada acerca de uma variedade de técnicas de *M&V* para novos edifícios.

A modelagem e a calibração precisas executadas por computador nos dados de *energia* medidos constituem o maior desafio associado à Opção D. Para controlar os custos deste método mantendo precisão razoável, deverão ser considerados os seguintes pontos quando se utilizar a Opção D:

- a análise da simulação deve ser efetuada por pessoal qualificado, com experiência tanto em *software* como em técnicas de calibração;
- os dados de entrada devem representar a melhor informação disponível, incluindo sempre que possível os dados reais disponíveis, relativos ao desempenho energético dos componentes-chave da instalação;
- as entradas da simulação devem ser ajustadas de modo que seus resultados correspondam aos dados da demanda e do consumo das contas mensais da concessionária, dentro de uma margem de tolerância aceitável (isto é, "calibrada"). Uma estreita concordância entre a energia anual total prevista e a real é habitualmente demonstração insuficiente de que a simulação prevê de forma adequada o comportamento energético da instalação (ver seção 4.9.2);
- a Opção D requer documentação cuidadosa. Devem existir versões em papel e eletrônicas das cópias da simulação, pesquisa de dados, e dados de medição ou monitoramento usados para definir os valores de entrada e para calibrar o modelo de simulação. O número da versão do *software* disponível deve ser declarado publicamente, de modo que outra pessoa possa rever os cálculos;
- os esforços de modelagem para projetos de novas construções podem ser facilitados pela manutenção do modelador de energia empregado no modelo “como projetado”, para criar o modelo calibrado, “como construído” e o da linha de base ajustada.

Entre os tipos de edifícios que não são facilmente simulados incluem-se aqueles com:

- grandes átrios;
- parte significativa do espaço situada em parte ou completamente debaixo do solo;
- formas exteriores pouco comuns;
- configurações de sombra complexas, ou
- grande número de zonas distintas de controle da temperatura.

Algumas *AEEs* de edifícios não podem ser facilmente simuladas, tais como:

- adição de barreiras radiantes em sótãos; e
- algumas alterações complexas do sistema de HVAC.

4.9.1 Opção D: Tipos de programas de simulação de edifícios

Informação acerca dos diferentes tipos de modelos de simulação de edifícios utilizados em diferentes partes do mundo pode ser encontrada nos Apêndices C deste documento.

Programas de simulação completa de edifícios utilizam habitualmente técnicas de cálculo horário. No entanto, o procedimento simplificado de análise de energia da ASHRAE também poderá ser usado se forem simples as perdas de calor do edifício; os ganhos de calor; as cargas internas; e os sistemas de HVAC. Outros tipos de programas específicos podem ser usados para simular o *uso da energia* e operação de dispositivos ou processos industriais.

Qualquer *software* utilizado deve ser bem documentado e bem compreendido pelo usuário. Devido à grande variedade de métodos disponíveis, é prudente receber a aceitação do proprietário da instalação ou do projeto antes de iniciar a análise.

4.9.2 Opção D: Calibração

A *economia* determinada com a Opção D baseia-se em uma ou mais estimativas complexas de consumo de *energia*. A precisão da *economia* depende do bom desempenho dos modelos de simulação do equipamento, e de quão bem foi calibrado com os dados medidos.

A calibração é obtida verificando se o modelo de simulação prevê razoavelmente os padrões de *energia* da *instalação*, comparando os resultados do modelo a um conjunto de dados de calibração. Estes dados de calibração incluem dados de *energia* medidos, *variáveis independentes* e *fatores estáticos*.

A calibração de simulações de edifícios é feita habitualmente com 12 faturas mensais da concessionária. Estas faturas devem ser relativas a um período de funcionamento estável. Em um novo edifício, podem decorrer alguns meses antes da ocupação completa e antes que o pessoal aprenda as melhores formas de fazer funcionar a instalação. Os dados de calibração devem ser documentados no *Plano de M&V*, juntamente com a descrição das suas origens.

Dados detalhados de funcionamento da *instalação* ajudam a desenvolver os dados de calibração. Estes dados podem incluir características de funcionamento; ocupação; clima; cargas; e eficiência dos equipamentos. Algumas variáveis podem ser medidas por curtos intervalos (dia, semana ou mês), ou extraídas de registros de funcionamento. A precisão dos medidores deve ser verificada para as atividades críticas de medição. Se os recursos o permitirem, os sistemas de ventilação e infiltração dos edifícios deverão ser medidos, porque estas quantidades frequentemente variam bastante em relação às estimativas. Medições de um dia vão melhorar a precisão da simulação, sem muitos custos adicionais. Testes tipo liga/desliga podem medir sistemas de iluminação, cargas genéricas, e centros de controle dos motores. Estes testes podem ser realizados durante um fim de semana, usando-se um registrador de dados ou um sistema de automação do edifício para registrar o consumo de energia de toda a instalação, geralmente em intervalos de um minuto. Às vezes, registradores portáteis baratos, sincronizados em determinada base temporal

comum, são igualmente eficazes para medições a curto prazo (Benton et al., 1996, Houcek et al., 1993, Soebarto, 1996).

Depois de reunir o máximo possível de dados de calibração, os passos da calibração da simulação serão:

1. Assumir outros parâmetros de entrada necessários, e documentá-los;
2. Reunir, sempre que possível, dados climáticos reais do período de calibração, especialmente se as condições climáticas variarem significativamente em relação aos dados climáticos do ano de base usado nas simulações de base. No entanto, obter e preparar dados climáticos reais para utilizar em uma simulação pode levar muito tempo e ser dispendioso. Se desenvolver um arquivo de dados climáticos reais for demasiado difícil, será preciso ajustar um arquivo de dados climáticos típico, para que este se pareça com um arquivo de dados climáticos reais usando métodos estatísticos válidos.
3. Realizar a simulação e verificar se esta prevê parâmetros de funcionamento tais como temperatura e umidade;
4. Comparar os resultados de *energia* simulados com os dados de *energia* medidos do período de calibração, em uma base horária ou mensal;
5. Avaliar padrões nas diferenças entre os resultados da simulação e os dados de calibração. Gráficos de barras, gráficos de tempo mensais e gráficos de dispersão x-y mensais ajudam a identificar os padrões de erro. A precisão da calibração deve ser estabelecida no *Plano de M&V*, para adaptar o orçamento de *M&V*;
6. Rever os dados de entrada no passo 1 e repetir os passos 3 e 4, para trazer os resultados previstos às especificações de calibração no passo 5. Recolher mais dados de funcionamento reais da instalação para ir ao encontro das especificações de calibração, se necessário.

A criação e a calibração de uma simulação podem demorar muito tempo. Utilizar dados de *energia* mensais em vez de horários, a fim de limitar o esforço necessário para a calibração. Entretanto, se a Opção D for usada para determinar as economias de cada AEE, a calibração dos usos finais principais, sistemas ou equipamentos impactadas pela AEE é recomendada.

4.9.3 Opção D: Cálculos

As economias podem ser determinadas usando resultados de simulação calibrada que representam a energia da linha de base e/ou energia do *período de determinação da economia*. Para projetos com um período da linha de base físico, os dois modelos calibrados incluem um com as AEEs e outro sem as AEEs. Para projetos com um período da linha de base hipotético, os modelos calibrados podem incluir as condições da linha de base e do período de determinação da economia “como construído” (*as built*), mas os dados de medição estarão disponíveis apenas para a calibração nas condições de “como construído”. Em quaisquer das situações tanto os modelos quanto os dados medidos deverão estar sob as mesmas condições de operação.

As economias com a Opção D podem ser estimadas com as duas formas da Equação 1), Equações 1f) e 1g)¹⁴. Ambas as formas pressupõem que o “erro” de calibração afeta, igualmente, os modelos da *linha de base* e do *período de determinação da economia*. As mesmas economias serão encontradas com as duas equações para qualquer conjunto de dados ou simulações.

¹⁴ As Equações 1f) e 1g) são as mesmas que os Métodos 1 e 2, respectivamente encontrados no IPMVP Vol. III Part 1 (NT: não traduzido).

$$\begin{aligned}
 \text{Economia} = & \text{Energia obtida com o modelo calibrado para o período da linha de base} \\
 & \text{[hipotética ou sem as AEEs]} \\
 & - \text{Energia do período de determinação da economia do modelo calibrado} \\
 & \text{com AEEs}
 \end{aligned}
 \tag{1f}$$

Um dos termos derivados do modelo na Equação 1f) pode ser substituído pela *energia* efetivamente medida. Entretanto seus cálculos devem ser ajustados para o erro de calibração em cada mês do período de calibração, usando a equação 1g):

$$\begin{aligned}
 \text{Economia} = & \text{Energia obtida com o modelo calibrado para o período da linha de base} \\
 & \text{[hipotética ou sem as AEEs]} \\
 & - \text{Energia efetiva do período de calibração} \\
 & \pm \text{Erro de calibração na respectiva leitura da calibração}
 \end{aligned}
 \tag{1g)$$

A equação 1g) deve ser de mais fácil entendimento pelos não-técnicos, pois os cálculos da economia final usam dados efetivamente medidos em lugar de apenas valores resultantes de modelos de simulação.

4.9.4 Opção D: Relatório de economia contínuo

Se for necessária a avaliação do desempenho energético durante muitos anos, a Opção D poderá ser usada para o primeiro ano depois de as AEEs estarem instaladas. Nos anos seguintes, a Opção C poderá ser menos dispendiosa do que a Opção D, se forem usados como *consumo da linha de base* os dados do medidor do primeiro ano de funcionamento regular após a instalação. A Opção C é então utilizada para determinar se o consumo de *energia* muda após o primeiro ano de funcionamento depois de a AEE ter sido instalada. Nesta situação, o consumo de *energia* durante o primeiro ano de funcionamento regular seria usado para: a) calibrar um modelo de simulação da Opção D; e b) estabelecer um *consumo da linha de base* da Opção C para medir a *economia* (ou perda) adicional no segundo ano e nos anos seguintes.

4.9.5 Opção D: melhores aplicações

A Opção D é utilizada habitualmente onde nenhuma outra opção é praticável.

A Opção D é mais bem aplicada onde:

- Os dados de *energia da linha de base* ou os dados de *energia do período de determinação da economia*, mas não ambos, estão indisponíveis ou não são de confiança;
- Existem demasiadas AEEs para avaliar usando-se as Opções A ou B;
- As AEEs implicam atividades difusas que não podem ser facilmente isoladas do resto da instalação, tais como formação do operador ou melhoramentos das paredes e janelas;
- O desempenho energético de cada AEE será estimado individualmente dentro de um projeto de múltiplas AEEs, mas os custos das Opções A ou B são excessivos;
- As interações entre as AEEs ou os *efeitos interativos* da AEE são complexos, fazendo com que as técnicas de isolamento das Opções A e B sejam impraticáveis;
- São esperadas grandes alterações futuras na instalação durante o *período de determinação da economia*, e não há forma de acompanhar as alterações e/ou avaliar seu impacto no consumo de energia;
- Um profissional experiente em simulação de energia é capaz de recolher dados de entrada adequados para calibrar o modelo de simulação;

- A instalação e as *AEEs* podem ser modeladas por *software* de simulação bem documentado;
- O *software* de simulação prevê dados medidos de calibração com precisão aceitável;
- Apenas o desempenho energético de um ano é medido imediatamente após a instalação e o comissionamento do programa de gestão de energia.

4.10 Guia de Seleção de opções

A seleção de uma opção do PIMVP é decisão tomada pelo técnico de concepção do programa de *M&V* para cada projeto, com base em todo o conjunto de condições, análises, orçamentos, e avaliação profissional. A Figura 4 descreve a lógica comum usada na seleção da melhor opção.

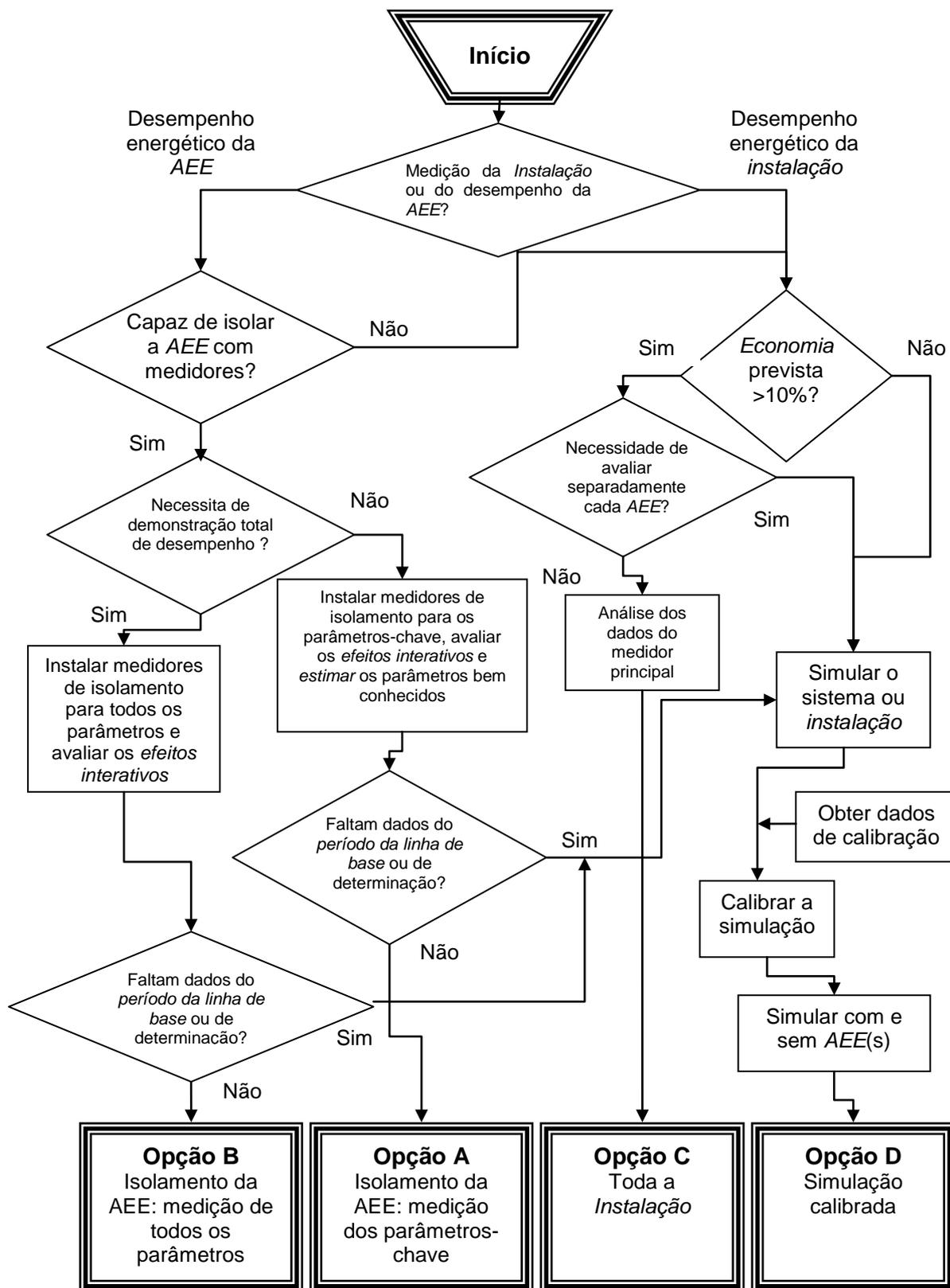


Figura 4
Processo de
Seleção da
opção
(Simplificada)

É impossível generalizar acerca da melhor opção de PIMVP para qualquer tipo de situação. No entanto, algumas características-chave do projeto sugerem opções frequentemente mais favorecidas, como mostra a Tabela 4 mais abaixo.

Tabela 4
Opções
sugeridas (não
únicas)
marcadas com
um X

Características do projeto da AEE	Opção sugerida			
	A	B	C	D
Necessidade de avaliar individualmente as AEEs	X	X		X
Necessidade de avaliar apenas o desempenho energético de toda a instalação			X	X
Economia prevista inferior a 10% do medidor da concessionária	X	X		X
A importância de algumas variáveis determinantes do padrão de uso da energia não é clara		X	X	X
Os efeitos interativos da AEE são significativos ou não podem ser medidos			X	X
Muitas alterações futuras previstas dentro da fronteira de medição	X			X
É necessária uma avaliação do desempenho energético a longo prazo	X		X	
Dados do período da linha de base indisponíveis				X
Pessoal sem formação técnica deve compreender os relatórios	X	X	X	
Competência de medição disponíveis	X	X		
Competências de simulação por computador disponíveis				X
Experiência de leitura das faturas de energia de concessionárias e realização de análise de regressão disponíveis			X	

4.11 A Persistência das Economias

Uma organização que tenha melhorado a sua eficiência energética tem mais risco de sofrer uma alteração de *performance*, não apenas porque a ação pode ser do tipo de perder qualidade, envelhecer ou ser contornada (*bypassed*), mas, também, porque a folga introduzida no orçamento de energia pode vir a ser reduzida por desperdícios despercebidos.

A persistência da economia em energia além do período de determinação da economia pode ser obtida pelo esforço em ações de M&V. Uma forma de acompanhamento é o M&M - Monitoramento e Fixação de Metas ("*M&T*" - *Monitoring & Targeting*), que pode seguir continuamente com o processo de M&V. Se as Opções A e B (ver Seção 4.7 anterior) foram utilizadas para quantificar as economias, o projeto deverá ter medidor permanente para medição rotineira do consumo. Mais importante será a existência de modelos correlacionando o consumo com as variáveis independentes – clima, por exemplo. Estes mesmos modelos podem ser ajustados para estimar o consumo de energia resultante das AEEs executadas. Isto permitirá comparações periódicas entre o consumo esperado e o efetivo, que revelarão e quantificarão as eventuais perdas do efeito da AEE (ou desperdícios não relacionados), permitindo ações corretivas nos casos em que o custo evitado seja reduzido de forma significativa.

A preparação de um *Plano de M&V* é etapa recomendada para a determinação da *economia*. A planificação antecipada garante que todos os dados necessários para a determinação da *economia* estarão disponíveis após a implementação da(s) *AEE(s)*, dentro de um orçamento aceitável.

Os dados da *linha de base* e os pormenores das *AEEs* podem se perder depois de certo tempo. Por esse motivo é preciso registrá-los para referência futura, no caso de as condições se alterarem ou as *AEEs* falharem. A documentação deve ser fácil de ser encontrada e compreendida por verificadores e outros, porque podem decorrer alguns anos antes de estes dados serem necessários.

Um *Plano de M&V* completo deve incluir a discussão dos seguintes 13 tópicos:

1. **Objetivo da AEE** Descrever a *AEE*, o resultado pretendido, e os procedimentos da *verificação operacional* a serem utilizados para verificar o sucesso da implementação de cada *AEE*. Identificar todas as alterações planeadas às condições da *linha de base*, tais como a regulação da temperatura de um edifício desocupado;
2. **Opção do PIMVP selecionada e fronteira de medição** Especificar a opção do PIMVP, definida nas seções 4.7 – 4.10, que será usada para determinar a *economia*. Esta identificação deve incluir a data de publicação ou o número da versão e o número do Volume da edição do PIMVP a ser seguida (Volume I do PIMVP, EVO 10000-1:2012, por exemplo). Identificar a *fronteira de medição* da determinação da *economia*. A fronteira pode ser tão estreita quanto o fluxo de energia através de um tubo ou condutor elétrico, ou tão larga quanto o consumo total de energia de uma ou muitas *instalações*. Descrever a natureza de quaisquer *efeitos interativos* para além da *fronteira de medição*, juntamente com os seus efeitos possíveis (ver seção 4.5.1);
3. **Linha de base: Período, energia e condições** Documentar as condições da *linha de base* da instalação e os dados de *energia*, dentro da *fronteira de medição*. (Nos *contratos de desempenho energético*, a *energia* e as condições da *linha de base* podem ser definidas pelo proprietário ou pela ESCO, dando assim à outra parte a oportunidade adequada de verificá-las).

Uma auditoria energética utilizada para estabelecer os objetivos de um programa de *economia* ou os termos de um *contrato de desempenho energético* fornece habitualmente a maioria senão toda a documentação do período da *linha de base* necessária ao *Plano de M&V*. Esta documentação da *linha de base* deve incluir:

- a) identificação do *período da linha de base* (seção 4.5.2);
- b) todos os dados de consumo e demanda de *energia da linha de base*;
- c) todos os dados das *variáveis independentes* que coincidem com os dados de *energia* (ex: taxa de produção, temperatura ambiente);
- d) todos os *fatores estáticos* que coincidem com os dados de *energia*:
 - Tipo, densidade e períodos de ocupação,
 - Condições de funcionamento da *linha de base* e estação do ano, outras que não as *variáveis independentes*. (Por exemplo, em um processo industrial, as condições de funcionamento da *linha de base* podem incluir tipos de produto, tipo de matéria-prima, e número de turnos de produção por dia. Em um edifício, as condições de funcionamento da *linha de base* podem compreender o nível de iluminação, a umidade e temperatura ambiente e os níveis de ventilação. Uma avaliação do conforto térmico e/ou da qualidade do ambiente interno (QAI) em recintos fechados poderá igualmente ser útil em casos nos quais o novo sistema atue de forma diferente do velho sistema ineficiente. Ver Volume II do PIMVP).

- Descrição de quaisquer condições da *linha de base* que fiquem abaixo das condições requeridas. Por exemplo, o espaço está sub aquecido durante o *período da linha de base*, mas a *AEE* vai restaurar a temperatura desejada. Os pormenores de todos os ajustes necessários aos dados da *energia da linha de base* para refletir os melhoramentos esperados do programa de gestão de energia às condições da *linha de base*,
- Tamanho, tipo e isolamento de quaisquer elementos relevantes da envoltória do edifício, tais como paredes, telhados, portas, janelas,
- Inventário dos equipamentos: dados da placa de identificação, localização, condição. Fotografias ou vídeos são formas eficazes de registrar o estado dos equipamentos,
- Práticas de funcionamento dos equipamentos (horários e pontos de ajuste, temperaturas e pressões reais),
- Problemas significativos dos equipamentos ou paradas durante o *período da linha de base*.

A documentação da *linha de base* exige geralmente auditorias bem documentadas, sondagens, inspeções, e/ou atividades de medição a curto prazo. A extensão desta informação é determinada pela *fronteira de medição* escolhida ou pelo propósito da determinação da *economia*.

Quando os métodos de *M&V* de *toda a instalação* são utilizados (seção 4.8 ou 4.9), todos os equipamentos e condições da *instalação* devem ser documentados;

4. **Período de determinação da economia** Identificar o *período de determinação da economia*. Este período pode ser tão curto como uma medição instantânea durante a colocação em serviço de uma *AEE*, ou tão longo quanto o tempo necessário para recuperar o custo do investimento do programa da *AEE* (ver seção 4.5.2);
5. **Base para o ajuste** Declarar o conjunto de condições ao qual todas as medições de *energia* serão ajustadas. As condições podem ser as do *período de determinação da economia* ou outro conjunto de condições fixas. Como discutido na seção 4.5.3, essa escolha determina se a *economia* é reportada como *energia evitada* ou como *economia normalizada*;
6. **Procedimento de análise** Especificar os procedimentos exatos de análise de dados, algoritmos e hipóteses a serem usados em cada relatório de *economia*. Para cada modelo matemático usado, reportar todos os seus termos, e a faixa de variação das *variáveis independentes* para o qual é válido;
7. **Preço da energia** Indicar os preços da energia que serão utilizados para avaliar a *economia*, e, se for o caso, como a *economia* será ajustada se os preços mudarem no futuro (ver seção 8.1);
8. **Especificações do medidor** Especificar os pontos de medição e períodos se a medição não for contínua. Para os medidores que não são das concessionárias, especificar: as características da medição; a leitura do medidor e o protocolo de confirmação; o procedimentos da colocação em serviço do medidor; o processo de calibração de rotina; e o método de tratamento de dados perdidos (ver seção 8.11.1);
9. **Responsabilidades de monitoramento** Atribuir as responsabilidades de reportar e registrar dados de *energia*, *variáveis independentes* e *fatores estáticos* dentro da *fronteira de medição*, durante o *período de determinação da economia*;
10. **Precisão esperada** Avaliar a precisão esperada associada à medição, à obtenção de dados, à amostragem e à análise de dados. Esta avaliação deve incluir medidas qualitativas e todas as medidas quantitativas possíveis do nível de incerteza nas medições e ajustes a usar no relatório de *economia* planejado (ver seção 8.3 e Apêndice B);

11. **Orçamento** Definir o orçamento e os recursos necessários para a determinação da *economia*, os custos iniciais estabelecidos, e os custos contínuos durante o *período de determinação da economia*;
12. **Formato do relatório** Indicar a forma pela qual os resultados serão reportados e documentados (ver Capítulo 6). Deve ser incluída uma amostra de cada relatório;
13. **Garantia de qualidade** Especificar os procedimentos de garantia de qualidade que serão utilizados para os relatórios de *economia*, e todos os passos intermediários na preparação dos relatórios.

Dependendo das circunstâncias de cada projeto, alguns tópicos específicos adicionais devem também ser discutidos em um *Plano de M&V* completo.

Para a Opção A:

- **Justificação de estimativas** Apresentar os valores a serem usados para todos os *valores estimados*. Explicar a origem destes *valores estimados*. Mostrar a importância global destas *estimativas* em função do total da *economia* prevista, reportando a faixa possível de *economias* associada à faixa de valores plausíveis dos parâmetros *estimados*;
- **Inspeções periódicas** Definir as inspeções periódicas que serão efetuadas durante o *período de determinação da economia* para verificar se os equipamentos ainda estão no lugar e funcionando como previsto quando se determinaram os valores *estimados*.

Para a Opção D:

- **Nome do software** Reportar o nome e o número da versão do *software* de simulação a ser utilizado;
- **Dados de entrada/saída** Fornecer uma cópia em papel e uma cópia eletrônica dos arquivos de entrada, dos arquivos de saída, e dos arquivos dos dados climáticos usados para a simulação;
- **Dados medidos** Anotar quais os parâmetros de entrada foram medidos e quais os que foram estimados. Descrever o processo de obtenção dos dados medidos;
- **Calibração** Reportar os dados de *energia* e os dados de funcionamento utilizados para a calibração. Reportar a precisão com que os resultados da simulação correspondem aos dados de *energia* da calibração.

Quando a natureza das futuras alterações puder ser antecipada, definir métodos para efetuar os *ajustes não de rotina* adequados.

Os requerimentos de tempo e orçamento (item 11, mencionado acima) são frequentemente subestimados, o que leva a uma coleta de dados incompleta. A determinação da *economia* menos precisa e menos dispendiosa é melhor do que a determinação incompleta ou mal feita, teoricamente mais precisa, porém mal fundamentada. A seção 8.5 trata dos compromissos entre custos e benefícios.

Questões levantadas no momento do desenvolvimento dos *Planos de M&V* são discutidas nos exemplos mostrados no Apêndice A. A página da internet da *Efficiency Valuation Organization* (www.evo-world.org) contém uma seleção crescente de amostras de *Planos de M&V*.

CAPÍTULO 6 RELATÓRIO DE *M&V*

Os relatórios de *M&V* devem ser preparados e apresentados como definido no *Plano de M&V* (Capítulo 5).

Relatórios completos de *M&V* devem incluir pelo menos:

- Os dados observados durante o *período de determinação da economia*: os momentos de início e fim do *período de medição*, os dados de *energia* e o valor das *variáveis independentes*;
- Descrição e justificação de quaisquer correções feitas aos dados observados;
- Para a Opção A, os valores *estimados* acordados;
- Tabela de preços da *energia* utilizada;
- Todos os pormenores de qualquer *ajuste não periódico da linha de base* efetuado. Os pormenores devem incluir uma explicação da alteração das condições desde o *período da linha de base*, todos os fatos observados e suposições e os cálculos de engenharia que levaram ao ajuste;
- A *economia* calculada em unidades de *energia* e monetárias.

Os relatórios de *M&V* devem ser redigidos para os vários níveis de entendimento de seus leitores.

Os gestores de *energia* devem rever os relatórios de *M&V* com o pessoal da *instalação*. Tais revisões podem revelar informações úteis acerca da forma pela qual a *instalação* utiliza a *energia*, ou onde o pessoal de operação pode se beneficiar de mais conhecimentos acerca das características do consumo de *energia* da sua *instalação*.

O PIMVP é uma estrutura de definições e métodos para avaliar adequadamente a *economia* no consumo de energia, de água, ou na demanda. O PIMVP guia os usuários no desenvolvimento de *Planos de M&V* para projetos específicos. O PIMVP foi redigido para permitir o máximo de flexibilidade na criação dos *Planos de M&V*, sendo ao mesmo tempo preciso, completo, conservador, consistente, relevante e transparente (Capítulo 3).

Os usuários que reivindicarem aderência ao PIMVP deverão obrigatoriamente:

1. Identificar a pessoa responsável pela aprovação do *Plano de M&V* específico para o local, e certificar-se de que o *Plano de M&V* é seguido em toda a duração do *período de determinação da economia*;
2. Desenvolver um *Plano de M&V* completo que:
 - indique claramente a data de publicação ou o número da versão da edição e o volume do PIMVP seguido,
 - use terminologia consistente com as definições da versão citada do PIMVP,
 - inclua toda a informação mencionada no capítulo do *Plano de M&V* (Capítulo 5 da presente edição),
 - seja aprovado por todas as partes interessadas na adesão ao PIMVP,
 - seja consistente com os Princípios de *M&V* mencionados no Capítulo 3.
3. Seguir o *Plano de M&V* aprovado, aderente ao PIMVP;
4. Preparar relatórios de *M&V* que contenham a informação mencionada no capítulo Relatório de *M&V* (Capítulo 6).

Os usuários que desejem especificar a utilização do PIMVP em contrato de desempenho energético ou de mercado de emissões podem usar a seguinte frase: “A determinação da economia de energia e monetária real seguirá as melhores práticas em vigor, como definido no Volume I do PIMVP, EVO 10000 - 1:2012.”

A especificação pode até incluir “O *Plano de M&V* deverá estar em conformidade com o Volume I do PIMVP, EVO 10000 - 1:2012 e ser aprovado por.....”; ou também, se no momento da aprovação do contrato já estiver definida a Opção, acrescentar, “segundo a Opção ... do PIMVP” .

Para além da estrutura básica descrita no Capítulo 4, existe certo número de questões que geralmente se levantam, independentemente da Opção do PIMVP escolhida. Cada uma destas questões é discutida neste capítulo.

8.1 Aplicação dos preços da energia

A *economia*¹⁵ dos custos é determinada aplicando-se a estrutura tarifária adequada na seguinte equação:

$$\text{Economia dos custos} = C_b - C_r \quad 2)$$

Onde:

C_b = Custo da *energia da linha de base* mais quaisquer ajustes¹⁶

C_r = Custo da *energia do período de determinação da economia* mais quaisquer ajustes

Os custos devem ser determinados aplicando-se a mesma estrutura tarifária no cálculo de C_b e C_r .

Quando as condições do *período de determinação da economia* são usadas como base para reportar a *economia* de energia (isto é, consumo de *energia evitado* seção 4.5.3), a estrutura tarifária do *período de determinação da economia* é normalmente utilizada para calcular o “custo evitado.”

Exemplos da aplicação dos preços da energia podem ser encontrados nos exemplos do Apêndice A.

8.1.1 Estrutura tarifária

A estrutura tarifária deve ser obtida na concessionária. Deve também incluir todos os elementos afetados por quantidades medidas, tais como consumo; demanda; fator de potência; demanda a faturar (ver Capítulo 9 – Definições); ajuste dos preços dos combustíveis; descontos de pagamento antecipado; e taxas.

As estruturas tarifárias podem mudar em instantes de tempo diferentes das datas de leitura dos medidores. Por conseguinte, C_b e C_r na Equação 2) devem ser calculados para períodos exatamente alinhados com as datas de alteração dos preços. Esse alinhamento pode exigir uma atribuição estimada de quantidades aos períodos anteriores e posteriores à data de alteração do preço. A metodologia de atribuição deve ser a mesma utilizada pelo fornecedor de *energia*.

A estrutura tarifária selecionada pode ser fixada na data de instalação da *AEE*, ou alterada de acordo com a alteração dos preços. (O aumento dos preços vai encurtar o período de reembolso da *AEE*. A redução dos preços vai aumentar o período de reembolso, apesar de os custos totais de *energia* caírem quando os preços caem). Quando houver investimento de terceiros na *instalação* de um proprietário, a estrutura tarifária para reportar a *economia* não deve normalmente ficar abaixo do preço que prevalecia no momento do compromisso com o investimento.

8.1.2 Preço marginal

Um procedimento alternativo para avaliar a *economia* implica a multiplicação das unidades de *energia economizadas* pelo *preço marginal da energia*. É preciso garantir que o *preço*

¹⁵ Ver Capítulo 9 para a definição de “*economia*.” Ver também a seção 4.5 para a explicação da diferença entre *economia* de energia e energia evitada, ou *economia* normalizada. A mesma explicação aplica-se à diferença entre *economia* de custos e custos evitados, ou *economia* de custos normalizada.

¹⁶ Os *ajustes* são os adequados descritos no Capítulo 4.

marginal seja válido para o nível de consumo e para a demanda dos *períodos da linha de base e de determinação da economia*.

Médias ou preços combinados, determinados por meio da divisão do custo cobrado pelo consumo medido, são muitas vezes diferentes dos *custos marginais*. Nesta situação, os preços médios criam relatos imprecisos de *economia* de custos e não devem ser usados.

8.1.3 Substituição de combustível e mudanças na estrutura tarifária

A estratégia geral da seção 8.1 de aplicação da mesma estrutura tarifária à *energia da linha de base e do período de determinação da economia* introduz algumas considerações especiais quando a AEE cria uma mudança no tipo de combustível, ou uma alteração na estrutura tarifária entre o *período da linha de base e o período de determinação da economia*. Tais situações surgem, por exemplo, quando a AEE inclui alguma mudança para um combustível de custo inferior, ou altera o padrão do consumo de *energia* de tal modo que a instalação se qualifica para uma estrutura tarifária diferente.

Em tais situações, deve-se usar a estrutura tarifária do energético do *período da linha de base* para determinar C_b na Equação 2). A estrutura tarifária do energético do *período de determinação da economia* deve ser usada para determinar C_r . No entanto, os períodos de vigência das estruturas tarifárias dos dois energéticos devem ser os mesmos, habitualmente do *período de determinação da economia*.

Por exemplo, a fonte de aquecimento passa da eletricidade para o gás, e pretende-se usar os preços do *período de determinação da economia*. Então C_b iria usar a estrutura tarifária de eletricidade do *período de determinação da economia* para toda a eletricidade. C_r iria usar a estrutura tarifária do gás do *período de determinação da economia* para o novo consumo de gás, e a estrutura tarifária de eletricidade do *período de determinação da economia* para o restante do consumo de eletricidade.

Todavia, este tratamento de uma mudança da estrutura tarifária intencional não se aplicará se a mudança não fizer parte das AEE(s) a serem avaliadas. Por exemplo, se a concessionária mudasse a estrutura dos seus preços por alguma razão não ligada à AEE a ser avaliada, ainda se aplicaria o princípio geral da seção 8.1: usar a mesma estrutura tarifária para C_b e C_r .

8.2 Ajustes da linha de base (*não de rotina*)

As condições que variam de modo previsível e são significativas para o consumo de *energia* dentro da *fronteira de medição* incluem-se normalmente no modelo matemático usado para os *ajustes de rotina*, descritos na Seção 4.6. *Ajustes não de rotina* também denominados *ajustes da linha de base* devem ser executados quando ocorrem mudanças inesperadas ou únicas no tempo (*fatores estáticos*) dentro da *fronteira de medição* (ver também a Seção 4.6).

Os *ajustes não de rotina* são necessários quando ocorre alteração nos equipamentos ou no funcionamento dentro da *fronteira de medição*, após o *período da linha de base*. Tal alteração ocorre em um *fator estático*, não em *variáveis independentes*. Por exemplo, uma AEE melhorou a eficiência de grande número de aparelhos de iluminação. Quando mais aparelhos de iluminação foram instalados depois da instalação da AEE, um *ajuste não periódico* foi efetuado. A *energia* estimada dos aparelhos acrescentados foi adicionada à *energia da linha de base*, de modo que a verdadeira *economia* da AEE fosse ainda reportada.

Os valores *estimados* para a Opção A do PIMVP são habitualmente escolhidos para eliminar a necessidade de ajustes quando acontecem alterações dentro da *fronteira de medição* (ver seção 4.7.1). Por conseguinte, os *ajustes não de rotina* podem ser evitados usando-se a Opção A. Por exemplo, a carga térmica de refrigeração de uma central *chiller* foi *estimada*, em vez de ser medida para determinar a *economia* da Opção A, criada por uma AEE que melhorou a eficiência do *chiller*. Após a aplicação da AEE, uma ampliação da *instalação* aumentou a carga de refrigeração atual dentro da *fronteira de medição*. No

entanto, uma vez que a Opção A foi escolhida utilizando-se uma carga de refrigeração fixa, a *economia* reportada permanece inalterada. A utilização da Opção A evitou a necessidade de um *ajuste não periódico*.

As condições da *linha de base* devem ser inteiramente documentadas no *Plano de M&V*, de modo que as mudanças nos *fatores estáticos* sejam identificadas e sejam feitos os *ajustes não-de rotina* adequados. É importante ter um método de acompanhamento que permita relatar as mudanças nestes mesmos *fatores estáticos*. Este seguimento das condições pode ser realizado por um ou vários agentes: proprietário da *instalação*, agentes de geração da *economia*, ou verificador independente. Deverá ser estabelecido no *Plano de M&V* quem seguirá e reportará cada *fator estático*.

Quando a natureza das futuras alterações puder ser antecipada, métodos para realizar os *ajustes não de rotina* relevantes devem ser incluídos no *Plano de M&V*.

Os *ajustes não de rotina* são determinados a partir de alterações reais ou alterações físicas assumidas nos equipamentos ou no funcionamento (*fatores estáticos*). Às vezes poderá ser difícil quantificar o impacto das alterações, por exemplo, se estas forem numerosas ou não forem bem documentadas. Se o registro do consumo de *energia da instalação* é usado para quantificar o impacto de tais alterações, o impacto das *AEEs* no consumo de *energia da instalação* deve ser primeiramente retirado, usando-se as técnicas da Opção B. A Opção C não pode ser utilizada para determinar a *economia*, quando o medidor de *energia da instalação* também é usado para quantificar o impacto das alterações nos *fatores estáticos*.

8.3 O papel da incerteza (Precisão)

A medição de qualquer quantidade física inclui erros, porque nenhum instrumento de medição é 100% preciso. Os erros são as diferenças entre o consumo de *energia* observado e o verdadeiro consumo de *energia*. Em um processo de determinação de *economia*, os erros impedem a determinação exata da *economia*. A Equação 1) implica habitualmente dois erros de medição (*energia da linha de base* e do *período de determinação da economia*) e todos os erros existentes nos ajustes calculados. Para garantir que o erro resultante (incerteza) é aceitável para os usuários de um relatório de *economia*, deve-se certificar de que sejam gerenciados os erros inerentes à medição e à análise, quando se estiver desenvolvendo e implementando o *Plano de M&V*.

As características do processo de determinação de *economia* que devem ser cuidadosamente revistas para gerir a precisão ou a incerteza são:

- Instrumentação – os erros de equipamento de medição são devidos à calibração, medição inexata, ou instalação ou funcionamento incorretos do medidor;
- Modelagem – incapacidade de encontrar formas matemáticas que expliquem completamente todas as variações do consumo de *energia*. Os erros de modelagem podem ser devidos a uma forma funcional inadequada, à inclusão de variáveis irrelevantes, ou à exclusão de variáveis relevantes;
- Amostragem – a utilização de uma amostra de itens ou eventos para representar a população inteira introduz erro como resultado de: variação de valores dentro da população ou de amostragem enviesada. A amostragem¹⁷ pode ser feita em sentido físico (isto é, apenas 2% dos aparelhos de iluminação são medidos), ou em sentido temporal (medição instantânea apenas uma vez por hora);
- *Efeitos interativos* (para além da *fronteira de medição*) não completamente incluídos na metodologia de cálculo da *economia*;
- *Estimativa* dos parâmetros usando a Opção A, em vez de medi-los. Pode-se minimizar a variação entre o *valor estimado* do parâmetro e o seu verdadeiro valor, através de revisão cuidadosa da concepção da *AEE*, de estimativa cuidadosa dos parâmetros, e de inspeção cuidadosa da *AEE* após a instalação.

¹⁷ Neste Protocolo, a amostragem não se refere a procedimentos estatísticos rigorosos, mas às melhores práticas, como as tratadas no anexo B-3.

Métodos de quantificação, avaliação e redução de algumas destas incertezas são discutidos no Apêndice B. O Apêndice C lista algumas referências para diferentes países de como aplicar os métodos de análise do erro padrão em cálculos típicos de economia. Estas ferramentas de quantificação devem apenas ser usadas para desenvolver o *Plano de M&V*, de modo que seja testada a incerteza inerente associada a características opcionais do programa de *M&V*.

A precisão aceitável da *economia* pelos usuários deve ser estabelecida durante o processo de planejamento de *M&V*. A seção 8.5 discute algumas questões acerca do estabelecimento do nível correto de incerteza de qualquer *AEE* ou projeto. O Apêndice B-1.2 vai definir a amplitude da *economia* relativamente a variações estatísticas dos dados da linha de base, para que os relatórios de *M&V* sejam válidos.

A precisão de qualquer valor medido é expressa adequadamente dentro da faixa na qual se espera que o verdadeiro valor esteja inserido, com algum intervalo de *confiança*. Por exemplo, um medidor pode medir um consumo de 5.000 unidades com uma *precisão* de ± 100 unidades, e 95% de *confiança*. Tal afirmação significa que 95% das leituras do mesmo valor real estarão entre 4.900 e 5.100 unidades.

Na determinação da *economia* é possível quantificar muitos fatores de incerteza, mas habitualmente não todos. Por conseguinte, quando se planejar um processo de *M&V*, deverão ser reportados fatores de incerteza quantificáveis, e também elementos qualitativos de incerteza. O objetivo é reconhecer e reportar todos os fatores de incerteza, qualitativa ou quantitativamente.

Quando se descreve a *precisão* em um relatório de *economia*, deve-se reportar a *economia* com não mais *dígitos significativos* do que o número menor de *dígitos significativos* em quantidades medidas, estimadas ou constantes, usadas no processo de quantificação. Ver o Capítulo 8.12.

8.4 Custo

O custo da determinação da *economia* depende de muitos fatores, tais como:

- a Opção do PIMVP selecionada;
- o número de *AEEs* e sua complexidade, bem como a quantidade de interação entre estas;
- o número de fluxos de energia através da *fronteira de medição* nas Opções A, B, ou D, quando aplicadas a um único sistema;
- o nível de detalhe e esforço associado ao estabelecimento das condições da linha de base necessárias para a Opção selecionada;
- a quantidade e complexidade dos equipamentos de medição (concepção, instalação, manutenção, calibração, leitura, remoção);
- o tamanho das amostras usadas para a medição dos equipamentos representativos;
- a quantidade de cálculos de engenharia necessários para realizar e apoiar as *estimativas* usadas nas Opções A ou D;
- o número e a complexidade das *variáveis independentes* usadas nos modelos matemáticos;
- a duração do *período de determinação da economia*;
- os requerimentos de precisão;
- os requerimentos do relatório de *economia*;
- o processo de revisão ou verificação da *economia* reportada;
- a experiência e as qualificações profissionais das pessoas encarregadas de efetuar a determinação da *economia*.

Os custos de *M&V* devem ser adequados ao tamanho da *economia* prevista, à duração do período de reembolso da *AEE*, e ao interesse dos usuários do relatório na precisão, frequência, e duração do processo de criação de relatórios. Muitas vezes estes custos podem ser partilhados com outros objetivos, tais como controle em tempo real, resposta operacional, subfaturamento do consumidor ou dos departamentos. Projetos de protótipo ou de pesquisa podem suportar um custo de *M&V* maior do que o normal, para estabelecer de forma precisa a *economia* gerada pelas *AEEs* que serão repetidas. No entanto, o PIMVP está redigido de modo que proporcione muitas formas possíveis de documentar os resultados de uma *AEE*, para que os usuários desenvolvam procedimentos de *M&V* pouco dispendiosos, capazes de fornecer as informações adequadas.

É difícil generalizar acerca dos custos em relação às diferentes opções do PIMVP, uma vez que cada projeto terá o próprio orçamento. Todavia, a *M&V* não deve incorrer em mais custos do que os necessários para fornecer a certeza e a verificação adequadas na *economia* reportada, consistente com o orçamento global para as *AEEs*.

<p>Tabela 5 Elementos únicos dos custos de <i>M&V</i></p>	Opção A	Número de pontos de medição; complexidade da estimativa; frequência das inspeções do <i>período de determinação da economia</i> .
	Opção B	Número de pontos de medição; duração do <i>período de determinação da economia</i> .
	Opção C	Número de fatores estáticos a serem seguidos durante o <i>período de determinação da economia</i> ; número de <i>variáveis independentes</i> a serem usadas para os <i>ajustes de rotina</i> .
	Opção D	Número e complexidade dos sistemas simulados; número de medições no campo necessárias para fornecer dados de entrada para a simulação calibrada; competência do profissional simulador na realização da calibração.

A Tabela 5 salienta os fatores-chave que determinam os custos únicos, ou não listados acima, para cada Opção.

De modo geral, uma vez que a Opção A implica *estimativas*, vai implicar também menos pontos de medição e custos inferiores, desde que a *estimativa* e os custos da inspeção não sejam excepcionalmente altos. Os métodos da Opção A têm habitualmente um custo mais baixo e um nível de incerteza mais elevado do que os métodos da Opção B.

Visto que novos equipamentos de medição estão frequentemente associados às Opções A ou B, o custo de manutenção destes equipamentos pode tornar a Opção C menos dispendiosa para *períodos de determinação da economia* mais longos. No entanto, os custos de medidores suplementares para as Opções A ou B podem ser partilhados com outros objetivos de monitoramento ou atribuição de custos.

Quando múltiplas *AEEs* são instaladas em um local, pode ser menos dispendioso usar as Opções C ou D do que isolar e medir múltiplas *AEEs* com as Opções A ou B.

Um modelo de simulação da Opção D é muitas vezes demorado e dispendioso. Todavia, o modelo pode ter outras utilizações, tais como conceber as próprias *AEEs* ou conceber uma nova *instalação*.

Deve-se esperar que os custos de *M&V* sejam mais elevados no início do *período de determinação da economia*. Nesta fase de um projeto, os processos de medição estão sendo aperfeiçoados, e o monitoramento preciso do desempenho energético ajuda a

otimizar o funcionamento da *AEE*. O custo para a determinação de cada *economia* deve ser proporcional à *economia* prevista e à variação na *economia* (ver seção 8.5).

Muitas vezes o contratante é responsável apenas por certos indicadores de desempenho energético. Outros indicadores não têm de ser necessariamente medidos para fins contratuais, embora o proprietário da *instalação* possa ainda querer medir todos os indicadores. Neste caso, o proprietário e o contratante partilham os custos da medição.

8.5 Equilibrar a incerteza e o custo

Em um relatório de *economia*, o nível aceitável de incerteza está relacionado com o custo de reduzir esta incerteza a um nível adequado para o valor previsto da *economia*. Os custos médios típicos anuais de *M&V* são inferiores a 10% da *economia* média anual a ser avaliada. A quantidade da *economia* em jogo coloca, portanto, um limite no orçamento da *M&V*, que por sua vez determina a margem aceitável de incerteza.

Tome-se como exemplo um projeto com *economia* prevista de \$100.000 por ano, e um custo de \$5.000/ano para uma abordagem básica de *M&V* com uma *precisão* que não ultrapassa os \pm \$25.000 por ano com 90% de confiança. Para aumentar a *precisão* para \pm \$7.000 poderia parecer razoável aumentar as despesas de *M&V* até \$10.000/ano (10% da *economia*), mas não até \$20.000/ano (20%).

O nível de incerteza aceitável no processo de reportar a *economia* é frequentemente uma questão particular, que depende da necessidade de maior ou menor rigor do leitor do relatório. No entanto, reduzir a incerteza requer mais ou melhores dados de funcionamento. Dados de funcionamento melhorados permitem melhor afinação da *economia* e melhoramento de outras variáveis de funcionamento. Mais informações de funcionamento podem também ajudar a avaliar os equipamentos para uma expansão da fábrica ou para a substituição de equipamentos antigos.

O aumento das informações criado pela *M&V* permite também a realização de pagamentos mais elevados sob um *contrato de desempenho energético* baseado em dados medidos, em vez de supostos valores de *economia*, que devem ser conservadores.

Os investimentos adicionais para um nível mais baixo de incerteza não devem ultrapassar o aumento do valor previsto. Esta questão é discutida em detalhe por Goldberg (1996b).

Entretanto nem todas as incertezas podem ser quantificadas (ver seção 8.3). Por conseguinte, os relatórios de incerteza quantitativos e qualitativos deverão ser tidos em conta quando se considerarem as opções de custo de *M&V* para cada projeto.

Para cada projeto, cada proprietário, e cada local de *instalação* há um *Plano de M&V* ótimo. Esse *Plano de M&V* ótimo deve incluir uma consideração iterativa da sensibilidade da incerteza na *economia* e do custo da *M&V* para cada parâmetro da arquitetura da *M&V*. O Apêndice B inclui métodos de quantificação da incerteza. Os Apêndices B-5.1 e B-5.2 apresentam métodos para combinar os vários componentes de incerteza e estabelecer critérios ou objetivos de incerteza.

Não se pode esperar que todas as *AEEs* atinjam o mesmo nível de incerteza de *M&V*, uma vez que a incerteza é proporcional à complexidade da *AEE* e às variações de funcionamento durante o *período da linha de base* e do *período de determinação da economia*. Por exemplo, os métodos da Opção A podem permitir que a *economia* de uma simples *AEE* de iluminação de uma fábrica industrial seja determinada com menos incerteza do que a *economia* da *AEE* de uma central *chiller*, uma vez que os parâmetros de iluminação *estimados* podem conter menos incerteza que os parâmetros *estimados* da central *chiller*.

Ao determinar o nível de medição e os custos associados, o *Plano de M&V* deve ter em consideração a taxa de variação no consumo de *energia* dentro da *fronteira de medição*. Por exemplo, o sistema de iluminação interior pode utilizar a eletricidade de forma bastante uniforme durante todo o ano, tornando relativamente fácil determinar a *economia*, ao passo que as cargas de aquecimento e resfriamento mudam sazonalmente, tornando mais difícil a

identificação da *economia*. Considerem-se as seguintes diretrizes gerais para equilibrar o custo e a incerteza em um processo de *M&V*.¹⁸

1. **Variação de energia baixa & AEE de pequeno valor.** As *AEEs* de pequeno valor não poderão normalmente se beneficiar de muita *M&V*, baseando-se na diretriz dos 10% de *economia*, especialmente se houver pouca variação nos dados de *energia* medidos. Tais situações combinadas teriam tendência a favorecer a Opção A e *períodos de determinação da economia* curtos. Por exemplo, no caso de um motor de ventilador de exaustão a uma velocidade constante, que funciona sob uma carga constante e segundo um horário bem definido;
2. **Variação de energia alta & AEE de pequeno valor.** As *AEEs* de pequeno valor não podem normalmente se beneficiar de muita *M&V*, como em 1, descrito acima. No entanto, em caso de grande taxa de variação nos dados de *energia*, as técnicas de medição de todos os parâmetros da Opção B podem ser necessárias para obter a incerteza requerida. As técnicas de amostragem podem ser capazes de reduzir os custos da Opção B. A Opção C poderá não ser adequada, se for baseada nas orientações gerais da seção 4.8, segundo as quais a *economia* deve ultrapassar 10% do consumo medido da *instalação* para permitir ser medida;
3. **Variação de energia baixa & AEE de grande valor.** Com baixa variação no consumo de *energia*, o nível de incerteza é muitas vezes baixo, por isso as técnicas da Opção A podem ser as mais adequadas. Todavia, uma vez que se prevê grande *economia*, pequenos melhoramentos ao nível da *precisão* poderão ter recompensas monetárias grandes o bastante para merecer medição e análise de dados mais precisos, caso se consiga manter os custos adequados de *M&V* relativamente à *economia*. Por exemplo, se a *economia* de uma *AEE* for de \$1.000.000 anualmente, será possível decidir aumentar os \$5.000 anuais de custo de *M&V* para \$20.000, se isso aumentar a *precisão* e fornecer mais dados de funcionamento. De outro lado, uma *AEE* de grande valor pode ser claramente medida com a Opção C. A Opção C poderá manter os custos de *M&V* baixos, se forem usados meios simples para monitorar os *fatores estáticos* a fim de detectar a necessidade de *ajustes não de rotina*;
4. **Variação de energia alta & AEE de grande valor.** Esta situação permite redução adequada da incerteza, através da obtenção e análise de dados extensiva, utilizando-se as Opções A, B ou D. No entanto, a *economia* pode se mostrar nos registros da concessionária, por isso as técnicas da Opção C devem ser usadas com monitoramento cuidadoso dos *fatores estáticos* para detectar a necessidade de *ajustes não de rotina*. O *período de determinação da economia* pode ter de cobrir múltiplos ciclos normais do funcionamento da *instalação*.

8.6 Verificação por um verificador independente

Quando um contratante é encarregado pelo proprietário de alguma *instalação* para fazer e reportar a *economia de energia*, este proprietário pode necessitar de um verificador independente para rever os relatórios de *economia*. Este verificador independente deverá começar por rever o *Plano de M&V* durante a sua preparação, para garantir que os relatórios de *economia* satisfaçam as expectativas do proprietário relativamente à incerteza.

A revisão independente pode também examinar *ajustes não de rotina*. No entanto, a revisão completa de *ajustes não de rotina* requer boa compreensão da *instalação*, do seu funcionamento, e das técnicas de cálculo de engenharia da *energia*. O proprietário da *instalação* deverá fornecer resumos das alterações nos *fatores estáticos* de modo que o verificador possa concentrar-se nos cálculos de engenharia dos *ajustes não de rotina*.

Um *contrato de desempenho energético* necessita que ambas as partes acreditem que os pagamentos do desempenho energético se baseiam em informação válida. Um verificador independente pode ajudar a garantir a validade das medições e a evitar conflitos. Se

¹⁸ Ver também FEMP (2002).

surgirem conflitos durante o *período de determinação da economia*, este verificador independente poderá ajudar a resolvê-los.

Os verificadores independentes são tipicamente consultores de engenharia, com experiência e conhecimento em *AEEs*, *M&V*, e *contratos de desempenho energético*. Muitos destes verificadores são membros de sociedades de indústrias profissionais ou são Profissionais Certificados em Medição e Verificação (*Certified Measurement and Verification Professionals - CMVPs*).¹⁹

8.7 Dados para o mercado de emissões

A adesão ao PIMVP pode levar ao aumento da confiança nos relatórios de *economia* de energia, o que também aumenta a confiança em relatórios associados de redução de emissões.

Combinado com o *Plano de M&V* específico para cada projeto, o PIMVP aumenta a consistência do ato de reportar e permite a validação e a verificação de projetos de economia de energia. No entanto, para verificar uma redução de emissões, o PIMVP e o *Plano de M&V* do projeto devem ser usados em conjunção com a orientação específica do esquema de mercado de emissões, para converter a *economia* de energia em reduções de emissões equivalentes.

O mercado de emissões será facilitado se os seguintes métodos de reportar a energia forem considerados ao se conceber o processo para a determinação das unidades de energia *economizadas*:

- a economia elétrica deve ser dividida entre o período de ponta e períodos fora de ponta; e época de ozônio e época de não-ozônio, quando o mercado de NOx ou de COV está envolvido. Estes períodos são definidos pelo esquema adequado de mercado de emissões;
- as reduções nas compras da rede elétrica devem ser divididas entre as causadas pela redução da carga e as causadas por aumento da auto-geração na instalação;
- a *linha de base ajustada* usada para calcular a economia de energia pode precisar mudar a fim de se adaptar às necessidades do esquema específico de mercado de emissões. Para fins de mercado de emissões, os *consumos da linha de base ajustados* precisam considerar se as *AEEs* foram 'excedentes' ou 'adicionais' em relação ao comportamento normal. As *AEEs* poderão não ser permitidas no mercado de emissões, se não se traduzirem em aditividade ou simplesmente se não forem conformes com os regulamentos em vigor. As regras da *linha de base* são definidas pelo esquema adequado de mercado de emissões. Por exemplo, onde as normas de eficiência mínima do equipamento governam o mercado do equipamento, estas normas estabelecem a linha de base para determinar as quantidades negociáveis;
- separar a economia de energia por local, se um projeto transpuser a fronteira do fornecedor de energia, ou se as quantidades de emissão estiverem fora dos limites atmosféricos permitidos;
- separar a *economia* de combustível por combustível ou por tipo de caldeira, se aplicadas diferentes taxas de emissão a cada dispositivo de combustão.

Cada sistema de mercado de emissões tem habitualmente as próprias regras quanto aos fatores de emissão a serem aplicados à *economia* de energia. Para a *economia* de combustível podem ser apresentadas taxas de emissão “default”, quando não existe nenhum equipamento de medição de emissões no local. Para a *economia* de eletricidade, podem também ser fornecidos valores “default” para a taxa de emissão da rede elétrica. Alternativamente, os usuários podem estabelecer a própria taxa de emissão para a *economia* de eletricidade, seguindo princípios reconhecidos, tais como os publicados nos “Guidelines for Grid-Connected Electricity Projects (WRI 2007)”.

¹⁹ O programa de CMVP é uma atividade conjunta da Efficiency Valuation Organization e da Association of Energy Engineers (AEE). Acessível através do sítio da *web* da EVO www.evo-world.org.

8.8 Condições de funcionamento mínimo

Um programa de eficiência energética não deve afetar a utilização da *instalação* à qual é aplicado, sem a concordância dos ocupantes do edifício ou dos gestores do processo industrial. Os parâmetros-chave do usuário podem ser: o nível de iluminação; a temperatura; a taxa de ventilação; a pressão do ar comprimido; a pressão e temperatura do vapor; a taxa do fluxo de água; a taxa de produção, etc.

O *Plano de M&V* deve registrar as condições de funcionamento mínimas acordadas que serão mantidas (ver Capítulo 5).

O Volume II do PIMVP, “Conceitos e práticas para o melhoramento da Qualidade do Ambiente Interno”, sugere métodos de monitoramento das condições do espaço interno através de um programa de eficiência energética.

8.9 Dados climáticos

Quando se usarem medições mensais de energia, os dados climáticos deverão ser registrados diariamente para que possam corresponder às datas reais de leitura da medição de energia.

Para uma análise mensal ou diária, os dados climáticos publicados pelo governo são habitualmente os mais precisos e os mais verificáveis. No entanto, os dados climáticos das fontes governamentais podem não estar disponíveis tão rapidamente quanto os dados climáticos monitorados no local. Se for utilizado equipamento de monitoramento climático no local, será preciso certificar-se de que este seja calibrado regular e adequadamente.

Quando se analisar o consumo de energia em resposta ao clima em um modelo matemático, poderão ser usados dados de temperatura média diária ou *graus-dia*.

8.10 Padrões mínimos de energia

Quando certo nível de eficiência é requerido por lei ou por prática padrão do proprietário da instalação, a *economia* pode se basear na diferença entre a *energia do período de determinação da economia* e a do padrão mínimo. Nestes casos, a *energia da linha de base* pode ser igual ou inferior aos padrões de *energia* mínimos aplicáveis.

8.11 Questões relativas à medição

A utilização correta dos medidores para aplicações específicas constitui uma ciência por si mesma. Estão disponíveis numerosas referências para esta finalidade (veja seção 10.2). A página da EVO na internet contém importantes referências para técnicas de medição.

A Tabela 5, mais abaixo, resume alguns tipos de medidor-chave e apresenta comentários acerca de questões de *M&V* para alguns destes. Esta Tabela não se encontra completa, nem é definitiva.

8.11.1 Erros na obtenção de dados e dados perdidos

Nenhum processo na obtenção de dados decorre sem erros. As metodologias para a obtenção de dados do *período de determinação da economia* diferem no grau de dificuldade e, conseqüentemente, na quantidade de dados errados ou em falta que possam surgir. O *Plano de M&V* deve estabelecer uma taxa máxima aceitável de perda de dados, e como essa taxa será medida. Esse nível deve fazer parte da consideração global relativamente à precisão. O nível de perda de dados pode afetar consideravelmente os custos. O *Plano de M&V* deverá também estabelecer uma metodologia, através da qual dados errados ou em falta do *período de determinação da economia* serão recriados por interpolação para a análise final. Nestes casos, modelos do *período de determinação da economia* são necessários para interpolar entre os pontos de dados medidos, a fim de que a *economia* possa ser calculada para cada período.

É preciso ter em consideração que os dados da *linha de base* consistem em fatos reais acerca da *energia* e das *variáveis independentes*, tal como existiram durante o *período da*

linha de base. Por conseguinte, os dados com problemas do *período da linha de base* não deverão ser substituídos por dados modelados, exceto quando se usar a Opção D. Quando os dados do *período da linha de base* estão em falta ou são inadequados, é necessário demandar outros dados reais para substituí-los, ou mudar o *período da linha de base* a fim de que contenha apenas dados reais. O *Plano de M&V* deve documentar a fonte de todos os dados da *linha de base*.

Aplicação	Categoria do medidor	Tipos de medidor	Precisão típica	Custo relativo	Melhores usos	Questões especiais de M&V
Corrente alternada (ampère)	Transformador de Corrente (TC)	Transformador toroidal ou de núcleo partido	<1%			Não utilizar quando o fator de potência for menor do que 100% ou houver uma distorção da onda sinusoidal
Tensão alternada (volt)	Transformador de Potencial (TP)	Transformador toroidal ou de núcleo partido				
Potência elétrica CA (watt) ou Energia CA (watt-hora)	Wattímetro RMS ou medidor de energia	Medir potência (ou volt ampère e fator de potência) e energia. Usar amostragem digital (IEEE 519-1992) para medir corretamente formas de onda distorcidas				Necessário para cargas indutivas (ex: motores, reatores) ou circuitos com componentes harmônicos tal como um variador de velocidade
Tempo de funcionamento (horas)	Medir e registrar os períodos de funcionamento do equipamento	Funcionamento a pilhas		Custo inferior ao do registro de energia	Registro dos períodos de iluminação	Para equipamento que tenha uma taxa de consumo de energia constante, quando ligado
Temperatura (graus)	Detector de temperatura a resistor (RTD)		Razoável	Baixo custo	Ar e água	Muito usado. Ter o cuidado de compensar diferentes comprimentos de fio
	Termopar		Elevada	Elevado		Estreita faixa. Adequada à medição de energia térmica. Necessita de amplificadores do sinal

Tabela 6
Tipos de medidores chave (Parte 1)

Tabela 6
Tipos de
medidores
-chave
(Parte 2)

Aplicação	Categoria do medidor	Tipos de medidor	Precisão típica	Custo relativo	Melhores usos	Questões especiais de M&V
Umidade (%)						Necessária calibração regular
Vazão líquida (unidades/seg)	Intrusivo	Pressão diferencial	1-5% do max.			
		Deslocamento positivo	<1%			
		Turbina ou turbina de inserção de derivação a quente	<1%		Líquido limpo, tubo direito	
		De turbilhão (vórtex)	Alta			
	Não intrusivo	Ultrassônico	<1%		Tubo reto	Medição de fluxo específico
		Magnético		Elevado		
Balde & cronômetro			Baixo	Condensação de vapor, suporte de saída de canalização	Medição de fluxo específico	
Pressão						
Energia térmica	Cálculo e registro de temperatura e fluxo	Usa sensores de temperatura e de vazão precisos. Para o vapor pode precisar de sensores de temperatura e pressão	<1%	Elevado		Usa sensores de temperatura similares para medir a diferença de temperatura. Gerir cuidadosamente todas as fontes possíveis de erro

8.11.2 Utilização de sistemas de controle para a obtenção de dados

Um sistema de controle computadorizado pode fornecer muito do monitoramento necessário para a obtenção de dados. No entanto, o *hardware* e o *software* do sistema devem ser capazes de controlar e recolher dados simultaneamente, sem abrandar o processamento do computador, sem consumir em excesso a largura de banda de comunicação ou exceder a capacidade de armazenamento.

Alguns parâmetros medidos podem não ser úteis para o controle: a medição da potência elétrica, por exemplo. A tendência do consumo de energia em dispositivos de pouco consumo, na iluminação, e no consumo no alimentador geral podem ser muito úteis para a determinação de alta qualidade da *economia* e para *feedback* operacional, porém inúteis para o controle em tempo real.

O *software* do sistema de controle pode muitas vezes desempenhar outras funções para ajudar no seguimento de alterações nos *fatores estáticos* durante o *período de determinação da economia*, como a gravação automática das alterações em *set-points*.

O pessoal responsável pela gestão da *instalação* deve receber formação adequada sobre esta utilização do sistema, a fim de desenvolver os próprios conhecimentos sobre as tendências para diagnosticar problemas do sistema, desde que este tenha capacidade para análises extras. Todavia, quando um contratante é responsável por algumas operações

controladas pelo sistema, as medidas de segurança devem garantir que o acesso às funções só seja feito por pessoas competentes e autorizadas.

A equipe de concepção e monitoramento do sistema de controle pode ter acesso, apenas de leitura, ao sistema, através de ligação a um *modem*, para inspecionar facilmente os dados de tendência no seu escritório. No entanto, nesta situação deve ser avaliada a preocupação com possíveis ataques de vírus e com a segurança do computador.

Os sistemas de controle podem registrar o consumo de energia com a sua capacidade de tendência. No entanto, alguns sistemas registram acontecimentos com "alteração de valor" (ADV), não usados diretamente para calcular a *economia* de energia, sem seguir os intervalos de tempo entre acontecimentos individuais de ADV (Claridge *et al.* 1993, Heinemeier e Akbari 1993). É possível reduzir os limites de ADV a fim de forçar a referência em direção a intervalos mais regulares, mas este procedimento pode sobrecarregar os sistemas não concebidos para tais densidades de dados.

Deve-se ter grande cuidado em:

- controlar o acesso e/ou as alterações ao registro de referência do sistema, a partir do qual são extraídos os dados de energia;
- desenvolver rotinas de pós-processamento, alterando quaisquer dados de ADV do sistema de controle para dados de séries de tempo, a fim de fazer uma análise;
- obter do fornecedor do sistema de controle:
 - calibrações padrão detectáveis de todos os sensores fornecidos,
 - prova de que os algoritmos patenteados para contar e/ou totalizar impulsos e unidades são precisos (atualmente não existem normas industriais para realizar esta análise - Sparks *et al.*, 1992),
 - compromisso de que existem o processamento adequado e a capacidade de armazenamento para lidar com dados de tendência e ao mesmo tempo apoiar as funções de controle do sistema.

8.12 Dígitos Significativos

Quando se executa qualquer cálculo aritmético, é necessário considerar a precisão inerente às parcelas envolvidas, pois o resultado não terá precisão maior do que a precisão de cada parcela. Por esta razão, os engenheiros adotam um conjunto padronizado de regras de arredondamento dos valores, as quais limitam a precisão dos resultados às precisões das parcelas. O PIMVP adotou as regras a seguir apresentadas, para que os resultados dos cálculos a partir de medições sejam aderentes aos padrões de precisão utilizados.

As regras para identificação da quantidade de dígitos significativos partem do conceito de "derivada total" utilizado em cálculo superior.

Expressa como uma função de duas variáveis, a derivada total é

$$df(x, y) = \frac{\partial f}{\partial x} \cdot dx + \frac{\partial f}{\partial y} \cdot dy \quad 3.1)$$

Se na equação 3.1) os crescimentos incrementais dx & dy forem substituídos pelos erros absolutos Δx & Δy , resultará a equação 3.2 abaixo:

$$df(x, y) = \frac{\partial f}{\partial x} \cdot \Delta x + \frac{\partial f}{\partial y} \cdot \Delta y \quad 3.2)$$

Com auxílio da equação 3.2) calculam-se os limites do erro absoluto. As regras para os dígitos significativos obedecem à equação 3.2) quando o erro absoluto é maior ou igual a \pm uma unidade do menor dígito significativo.

Para calcular a quantidade de dígitos significativos de um número, conte a quantidade de dígitos, ignorando os zeros iniciais antes de dígitos diferentes de zero, apenas zeros à

esquerda da vírgula, zeros no final caso não haja indicação de vírgula e zeros após a vírgula antes de dígito diferente de zero em caso de números inferiores a um.

Operação aritmética ²⁰	REGRA
Soma e subtração ²¹ $X + Y$	Arredonde (para cima ou para baixo, como apropriado) o resultado no mais distante dígito decimal à direita em posição comum a todas as parcelas. A quantidade de dígitos significativos será a quantidade total de dígitos do resultado (ver exemplo a seguir)
Multiplicação e divisão ²¹ $X \times Y$	A quantidade de dígitos significativos será igual à quantidade da parcela com a menor quantidade de dígitos significativos
Potenciação X^a	A quantidade de dígitos significativos será aquela considerada na base

8.12.1 – Exemplos

Números

- 00123 → 3 dígitos significativos;
- 12.300 → 3 dígitos significativos (corresponde a $1,23 \times 10^4$);
- 12.300, → 5 dígitos significativos (corresponde a $1,2300 \times 10^4$);
- 12.300,000 → 8 dígitos significativos;
- 12.300,012 → 8 dígitos significativos.

Soma

$$\begin{array}{r}
 0,2056 \\
 2,572 \\
 144,25 \\
 + \underline{876,1} \\
 \hline
 1.023,1 \quad (5 \text{ dígitos significativos})
 \end{array}$$

Multiplicação

- $12,345 \times 0,0369 = 0,456$ (3 dígitos → 0,0369)
- $56,000 \times 0,00785212 = 0,43972$ (5 dígitos → 56,000)

Potenciação

- $3,00^\pi = 31,5$ (3 significativos na base geraram 3 no resultado)

A fim de garantir consistência e repetitividade, todos os cálculos devem ser executados por operações aritméticas antes de se aplicarem as regras anteriores. Por exemplo, se um motor que produz 32,1 kW constantes operar por 4.564 horas anuais, e a tarifa paga for de \$0,0712/kWh, o custo da energia elétrica **não** será:

$$32,1\text{kW} \times 4.564\text{horas} = 146.504 \text{ kWh} \rightarrow 147.000 \text{ kWh}$$

²⁰ Há regras para operações exponenciais e logarítmicas que não serão consideradas neste texto.

²¹ Mark's Standard Handbook for Mechanical Engineers, 8th Ed., pp. 2.2-2.3.

$$147.000 \text{ kWh} \times \$0,0712/\text{kWh} = \$10.466 \rightarrow \$10.500.$$

Ao contrário, o cálculo **correto** deve ser executado em sequência:

$$32,1 \text{ kW} \times 4.564 \text{ horas} \times \$0.0712/\text{kWh} = \$10.431 \rightarrow \$10.400$$

Note que as regras não podem ser “misturadas”. Execute todas as operações aritméticas antes de aplicar as regras de arredondamento.

8.12.2 Casos especiais

Alguns números são representados por uma quantidade finita de dígitos significativos, mesmo quando podem ser tratados como números exatos. Números exatos possuem quantidade infinita de dígitos significativos.

Um exemplo de número exato é o valor da tarifa de uma concessionária.

Se uma empresa cobrar \$0,06/kWh e um consumidor utilizar 725.691 kWh no mês, a fatura será de \$43.541,46 e não de \$40.000, pela regra acima. Este resultado ocorre porque a tarifa é um número exato. Não há erro de medida associado às tarifas.

Outro exemplo envolve variáveis do tempo. Se uma empresa garantiu uma economia na energia usada de \$1,15 milhões/ano para 3 anos, a economia total será de \$3,45 milhões, e não de \$3 milhões. Mesmo o período sendo de “3”, todos os dígitos são significativos.

É preciso cuidado para reconhecer estes números nos cálculos de M&V, a fim de que a precisão dos resultados não seja informada erradamente.

CAPÍTULO 9 DEFINIÇÕES

Os termos encontram-se em *itálico* no texto para indicar que têm os seguintes significados:

AEE – Ação de Eficiência Energética Atividade ou conjunto de atividades concebidos para aumentar a eficiência energética de uma *instalação*, sistema ou equipamento. As *AEEs* podem também conservar energia sem mudar a eficiência. Várias *AEEs* podem ser implantadas numa instalação ao mesmo tempo, cada uma com uma intensidade diferente. Uma *AEE* pode implicar uma ou mais: alterações físicas aos equipamentos da instalação, revisões dos procedimentos de funcionamento e de manutenção, alterações de *software* ou novos meios de formação ou gestão dos usuários do ambiente ou operações e do pessoal da manutenção. Uma *AEE* pode ser aplicada como uma alteração a um sistema ou *instalação* já existentes ou como uma modificação a um projeto antes da construção de um novo sistema ou *instalação*.

Ajustes de rotina: Os cálculos na Equação 1a) do capítulo 4 feitos com uma fórmula mostrada no *Plano de M&V* para explicar as alterações nas *variáveis independentes* selecionadas dentro da *fronteira de medição* desde o *período da linha de base*.

Ajustes da linha de base: *Ajustes não de rotina* (seções 4.5.3 e 8.2) que surjam de alterações durante o *período de determinação da economia* em qualquer fator que governe a *energia* da *instalação* dentro da *fronteira de medição*, exceto as denominadas *variáveis independentes* usadas para *ajustes de rotina*.

Ajustes não de rotina: Cálculos individuais de engenharia na Equação 1a) do capítulo 4 para explicar as alterações nos *fatores estáticos* dentro da *fronteira de medição* desde o *período da linha de base*. Quando os *ajustes não de rotina* são aplicados à *linha de base* são às vezes denominados apenas “ajustes da linha de base” (Ver também seção 8.2.)

Análise de regressão: Técnica matemática que extrai parâmetros de um conjunto de dados para descrever a correlação entre *variáveis independentes* medidas e *variáveis dependentes* (habitualmente dados de *energia*). Ver Apêndice B-2.

Ciclo: Período de tempo entre os inícios de modos sucessivos de funcionamento similares de uma *instalação* ou equipamento cujo consumo de *energia* varie em resposta aos procedimentos de funcionamento ou *variáveis independentes*. Por exemplo, o ciclo da maioria dos edifícios é de 12 meses, uma vez que o seu consumo de *energia* responde às condições climáticas exteriores, que variam numa base anual. Um outro exemplo, é o *ciclo* semanal de um processo industrial, que funciona aos domingos de forma diferente do resto da semana.

Coefficiente de determinação (R^2): Ver Apêndice B-2.2.1.

Coefficiente de variância (CV): Ver Apêndice B-3.1

Comissionamento: Processo para realizar, verificar e documentar o desempenho dos equipamentos em satisfazer as necessidades de funcionamento da *instalação* dentro da capacidade de projeto bem como em conformidade com a documentação do projeto e os critérios funcionais do proprietário, incluindo a formação do pessoal operacional.

Constante: Termo usado para descrever um parâmetro físico, que não se altera durante um período de análise. Variações menores podem ser observadas no parâmetro, podendo-se continuar a descrevê-lo como constante. A magnitude das variações que são tidas como sendo ‘menores’ deve ser reportada no *Plano de M&V*.

Contrato de performance energética: Contrato entre duas ou mais partes, no qual o pagamento se baseia na obtenção de resultados específicos, tais como a redução nos custos de *energia* ou o reembolso do investimento dentro de um determinado período.

CV(EMQ): Coeficiente de variância (erro médio quadrático) Ver Apêndice B-2.2.2

Demanda: A taxa de energia na unidade de tempo. Muitas concessionárias adotam como parcela de sua fatura o valor da demanda máxima (“demanda de pico”). A demanda elétrica é normalmente definida em “kW”. Ver também “demanda faturada”.

Demanda faturada Um método que as empresas do setor energético utilizam para estabelecer a demanda pela qual eles faturam quando esta é diferente da demanda registrada. As empresas do setor energético podem considerar máximos ou mínimos sazonais, fator de potência ou montantes dos contratos para estabelecer a demanda em faturas (chamada “demanda faturada”).

Desvio padrão: Ver Apêndice B-1.3.

Dígitos significativos: Dígitos diferentes de zero, e zeros com dígitos diferentes de zero à esquerda. Note que números sem vírgula decimal têm em geral um número ilimitado de dígitos significativos; quando terminam em zero, têm um número de significativos não definido (ver Seção 8.12). Note também que, na adição, o resultado só deve ter dígito significativo em uma posição quando todas as parcelas também o tiverem. Ver seção 8.12.

Distribuição-t: Ver Apêndice B-2.2.3.

Economia normalizada: Redução no consumo ou no custo da *energia* que ocorreu durante o *período de determinação da economia*, comparada com a que teria ocorrido se a *instalação* tivesse sido equipada e funcionasse como durante o *período da linha de base* mas sob um conjunto normal de condições. Estas condições normais podem ser uma média a longo prazo ou as de um qualquer outro período de tempo escolhido, que não seja o de *determinação da economia*. As condições normais podem também ser estabelecidas como sendo as que prevalecem durante o *período da linha de base*, especialmente se foram usadas como base para prever a *economia*. (Ver seção 4.5.3.) Se as condições forem as do *período de determinação da economia* o termo *consumo de energia evitado* (ver seção 4.5.3.), ou apenas *economia*, é usado em vez de economia normalizada.

Economia: Redução no uso ou no custo de *energia*. A *economia* física pode ser expressa como *uso de energia evitado* ou *economia normalizada* (ver seções 4.5.3. e 4.5.3., respectivamente). A economia monetária pode ser expressa de forma análoga como “custo evitado” ou “custo da economia normalizada” (ver seção 8.1). A *economia*, utilizada no PIMVP, **não** é a simples diferença entre as faturas do comercializador de energia nos *períodos da linha de base e de determinação da economia* das AEEs ou as quantidades medidas. Ver seção 4.1 para mais informações acerca deste ponto.

Efeitos interativos: Efeitos na *energia* criados por uma AEE mas não medidos dentro da *fronteira de medição*.

Empresas de Serviços de Conservação Energia (ESCO): Uma empresa que fornece serviços de concepção e execução de AEEs sob um *contrato de performance energética*.

Energia: Uso de energia ou de água, ou, ainda, a demanda para efeito deste Protocolo.

Energia da linha de base ajustada: O uso da *energia da linha de base* ajustado para um conjunto diferente de condições de operação.

Energia da linha de base O uso da *energia da linha de base*, sem ajustes.

Erro padrão da estimativa: Ver Apêndice B-2.2.2.

Erro padrão do coeficiente: Ver Apêndice B-2.2.3.

Erro padrão: Ver Apêndice B-1.3.

Erro provável: Ver Apêndice B-5.

Erro sistemático médio (ESM): Ver Apêndice B-2.2.2.

Estimativa: Processo de determinação de um parâmetro utilizado em um cálculo de *economia* através de outros métodos que não a medição nos *períodos da linha de base e de determinação da economia*. Estes métodos podem ir desde suposições arbitrárias a estimativas de engenharia derivadas de dados do fabricante do desempenho energético do equipamento. Os testes do desempenho energético do equipamento que **não** são feitos no local onde este é usado durante o *período de determinação da economia* são estimativas, para fins de aderência ao PIMVP.

Fatores estáticos: Características de uma *instalação* que afetam o consumo de *energia*, dentro da *fronteira de medição* escolhida, mas não usadas como base para os *ajustes de*

rotina. Estas características incluem características fixas, ambientais, de funcionamento e de manutenção. Podem ser constantes ou variáveis. (Ver as seções 4.5.3 e 8.2.)

Fronteira de medição: Fronteira virtual estabelecida à volta dos equipamentos e/ou sistemas para separar aqueles que são relevantes para a determinação da *economia* daqueles que não o são. Todos os consumos de *energia* do equipamento ou dos sistemas dentro da *fronteira de medição* devem ser medidos ou estimados. Ver seção 4.4.

Graus-dia: Um *grau-dia* é a medida da carga de aquecimento ou resfriamento numa *instalação* produzida pela temperatura exterior. Quando a temperatura média exterior diária está um grau abaixo da temperatura de referência estabelecida, como por exemplo 18°C por um dia, é definido que há um *grau-dia* de aquecimento. Se esta diferença de temperatura se mantivesse durante dez dias, haveria dez *graus-dia* de aquecimento contados para o período total. Se a diferença de temperatura fossem 12 graus durante 10 dias, seriam contados 120 *graus-dia* de aquecimento. Quando a temperatura ambiente está abaixo da temperatura de referência, é necessário que os *graus-dia* de aquecimento sejam contados. Quando a temperatura ambiente está acima da referência, serão contados *graus-dia* de resfriamento. Qualquer temperatura pode ser definida como referência, embora o usual seja escolher aquela que reflete o limite entre o uso e o não-uso do equipamento de aquecimento ou refrigeração.

Instalação: Edifício ou local industrial com vários sistemas que utilizam *energia*. Uma ala ou seção de uma *instalação* maior poderá ser tratada como uma *instalação* por si só se tiver medidores que meçam separadamente toda a sua *energia*.

Intervalo de confiança: A probabilidade de qualquer valor medido ficar dentro de uma faixa estabelecida de *precisão*. Ver Apêndice B-1.1.

Linha de base: que pertence ao *período da linha de base*.

Média: Ver Apêndice B-1.3.

Medição e Verificação (M&V): Processo de utilização de medições para determinar corretamente a *economia* real dentro de uma instalação individual por um programa de gestão de *energia*. A *economia* não pode ser medida diretamente, uma vez que representa a ausência do consumo de *energia*. Em vez disso, a *economia* é determinada comparado o consumo medido antes e depois da implementação de um projeto, fazendo os ajustes adequados para as alterações nas condições. Ver também o Capítulo 2.

Medições: Coleção de dados de *energia* durante um período de tempo numa *instalação*, através da utilização de dispositivos de medição.

Modelo de simulação: Conjunto de algoritmos que calcula o uso de *energia* de uma *instalação*, baseado em equações de engenharia e parâmetros de utilização definidos.

Nível de confiança: Probabilidade de que um valor medido esteja compreendido em uma determinada faixa de *precisão*. Ver Apêndice B.1.1.

Período de determinação da economia Período de tempo que se segue à implementação de uma *AEE* com relatórios de *economia aderentes* ao PIMVP. Este período pode ser tão curto quanto o tempo de uma medição instantânea de uma quantidade constante; suficientemente longo para refletir todos os modos de funcionamento normal de um sistema ou *instalação* com operações variáveis; a duração do período de reembolso financeiro de um investimento; a duração de um período de medição do desempenho energético sob um *contrato de desempenho energético*; ou indefinido.

Período da linha de base: Período de tempo escolhido para representar o funcionamento da *instalação* ou sistema antes da implementação de uma *AEE*. Este período pode ser tão curto quanto o tempo necessário para uma medição instantânea de uma quantidade *constante* ou suficientemente longo para refletir um *ciclo* de funcionamento completo de um sistema ou *instalação* em condições variáveis.

Plano de M&V : Documento definido no Capítulo 5.

Precisão: Quantidade pela qual se espera que um valor medido se desvie do verdadeiro valor. A *precisão* é expressa como uma tolerância de “±” . Qualquer declaração de *precisão*

acerca de um valor medido deve incluir uma declaração de *confiança*. Por exemplo, a precisão de um medidor pode ser classificada pelo fabricante do medidor como $\pm 10\%$ com um intervalo de confiança de 95%. Ver Apêndices B-1.1 e B-1.2 para as definições de *precisão absoluta* e *precisão relativa*.

Preço marginal: O custo de uma unidade adicional de um produto cobrado sob uma tarifa horária complexa.

Representante (“proxi”): Parâmetro medido que substitui a medição direta no local de um parâmetro de *energia*, quando se provou que existia uma relação entre os dois no local. Por exemplo, se se provou que existe uma relação entre o sinal de saída de um controlador de um variador de velocidade e a necessidade de potência do ventilador controlado, este sinal de saída é um representante da potência do ventilador.

Uso evitado de energia: Redução do uso de *energia*, que ocorreu durante o *período de determinação da economia* relativamente ao que teria ocorrido se a *instalação* estivesse com os equipamentos e operação da *linha de base*, porém funcionando nas condições do *período de determinação da economia* (ver seção 4.5.3.). “Custo evitado” é o equivalente monetário do “uso de energia evitado.” Ambos são habitualmente denominados “*economia*”. *Economia normalizada* é um outro tipo de *economia*.

Variância: Ver Apêndice B-1.3.

Variável independente: Parâmetro que se espera que varie regularmente e que tenha um impacto mensurável no consumo de *energia* de um sistema ou *instalação*.

Verificação: Processo de análise de um relatório preparado por outros com o fim de verificar a sua adequação ao objetivo pretendido.

Verificação Operacional: verificação de que as AEEs foram executadas e operam de forma adequada, e têm o potencial de produzir as economias. A Verificação Operacional envolve inspeções, testes de desempenho operacional e/ou análise de tendências de dados (seção 4.4)

CAPÍTULO 10 REFERÊNCIAS

NOTA: As seguintes referências destinam-se a fornecer ao leitor recursos de informação adicional. Os recursos em questão consistem em publicações, manuais e relatórios de agências governamentais, universidades, organizações profissionais; e outras autoridades reconhecidas. Na maioria das vezes, teve-se o cuidado de citar a publicação, a editora ou a fonte onde o documento pode ser obtido.

1. Akbari, H., Heinemeier, K.E., LeConiac, P. e Flora, D.L. 1988. "An Algorithm to Disaggregate Commercial Whole-Facility Hourly Electrical Load Into End Uses", Proceedings of the ACEEE 1988 Summer Study on Energy Efficiency in Buildings, Vol. 10, pp. 10.14-10.26.
2. ASHRAE Guideline 1-1996. The HVAC Commissioning Process. American Society of Heating, Ventilating, and Air Conditioning Engineers, Atlanta, Georgia.
3. ASHRAE Guideline 14-2002, Measurement of Energy and Demand Savings. American Society of Heating, Ventilating, and Air Conditioning Engineers, Atlanta, Georgia.
4. ASHRAE. 1989. An Annotated Guide to Models and Algorithms for Energy Calculations Relating to HVAC Equipment, American Society of Heating, Ventilating, and Air Conditioning Engineers, Atlanta, Georgia.
5. ASHRAE 2005. Handbook: Fundamentals, Chapter 32 - "Energy Estimating and Modeling Methods", Atlanta, Georgia.
6. ASTM 1992. Standard Test Method for Determining Air Leakage Rate by Fan Pressurization, American Society for Testing Materials, Philadelphia, Pennsylvania.
7. Baker, D. e Hurley, W. 1984. "On-Site Calibração of Flow Metering Systems Installed in Buildings", NBS Building Science Series Report No. 159, January.
8. Benedict, R. 1984. Fundamentals of Temperature, Pressure and Flow Measurement. John Wiley and Sons, New York, New York.
9. Benton, C., Chace, J., Huizenga, C., Hyderman, M. e Marcial, R. 1996. "Taking A Building's Vital Signs: A Lending Library of Handheld Instruments", Proceedings of the ACEEE 1996 Summer Study on Energy Efficiency in Buildings, Vol. 4, pp. 4.11-4.21.
10. Bourdouxhe, J.P., Grodent, M., LeBrun, J. 1995. "HVAC01 Toolkit: A Toolkit for 20 Primary HVAC System Energy System Energy Calculations", Final report submitted to ASHRAE.
11. Bourdouxhe, J.P., Grodent, M., LeBrun, J. 1994a. "Toolkit for Primary HVAC System Energy Calculation - Part 1: Boiler Model", ASHRAE Transactions, Vol. 100, Pt. 2.
12. Bourdouxhe, J.P., Grodent, M., LeBrun, J. 1994b. "Toolkit for Primary HVAC System Energy Calculation - Part 2: Reciprocating Chiller Models", ASHRAE Transactions, Vol. 100, Pt. 2.
13. Bou Saada, T.E. e Haberl, J.S. 1995a. "A Weather-Daytyping Procedure for Disaggregating Hourly End-Use Loads in an Electrically Heated and Cooled Building from Whole-facility Hourly Data", 30th Intersociety Energy Conversion Energy Conference, July 30-August 4.
14. Bou Saada, T.E. e Haberl, J.S. 1995b. "An Improved Procedure for Developing Calibrated Hourly Simulated Models", Proceedings of Building Simulation, 1995: pp. 475-484.
15. Bou Saada, T.E., Haberl, J., Vajda, J. e Harris, L. 1996. "Total Utility Savings From the 37,000 Fixture Lighting Execution das AEEs to the USDOE Forrestal Building", Proceedings of the 1996 ACEEE Summer Study, August.
16. Brandemuehl, M. 1993. HVAC02: Toolkit: Algorithms and Subroutines for Secondary HVAC Systems Energy Calculations, American Society of Heating, Ventilating, and Air Conditioning Engineers, Atlanta, Georgia.

17. Bryant, J. e O'Neal, D. 1992. "Calibração de Relative Humidity Transducers for use in the Texas LoanSTAR Program", Proceedings of the 1992 Hot and Humid Conference, Texas A&M University, Energy Systems Laboratory Report No. ESL-PA-92/02-15.
18. Claridge, D., Haberl, J., Bryant, J., Poyner, B. e McBride, J. 1993. "Use of Energy Management and Control Systems for Performance Monitoring of Execução das AEEs Projects", Final Summary Report, USDOE Grant #DE-FG01- 90CE21003, Submitted to the USDOE Office of Conservation and Energy, Energy Systems Laboratory Report ESL-TR-91/09/02, Texas A&M University, March.
19. Claridge, D., Haberl, J., Liu, M., Houcek, J. e Aather, A. 1994. "Can You Achieve 150% of Predicted Execução das AEEs Savings? Is it Time for Recommissioning?", Proceedings of the 1994 ACEEE Summer Study, pp. 5.73- 5.88, August.
20. Claridge, D., Haberl, J., Liu, M. e Athar, A. 1996. "Implementation of Continuous Commissioning in the Texas LoanSTAR Program: Can you Achieve 150% of Estimated Execução das AEEs Savings: Revisited", Proceedings of the 1996 ACEEE Summer Study, August.
21. Cortina, V. (ed.) 1988. "Precisão Humidity Analysis", EG&G Environmental Equipment, 151 Bear Hill Road, Waltham, Massachusetts, (IR sensors).
22. Doebelin, E. 1990. Measurement Systems. McGraw-Hill, New York, New York, ISBN 0-07-017338-9.
23. EEI 1981. Handbook for Electricity Metering, Edison Electric Institute, Washington, D.C., ISBN-0-931032-11-3.
24. EPRI 1993. "Fundamental Equations for Residential and Commercial End- Uses" (Rep. #EPRI TR-100984 V2). Palo Alto, California: Electric Power Research Institute.
25. Fels, M. (ed.)1986. "Special Issue Devoted to Measuring Energy Savings, The Princeton Scorekeeping Method (PRISM)", Energy and Buildings, Vol. 9, Nos. 1 and 2.
26. Fels, M., Kissock, K., Marean, M.A. e Reynolds, C. 1995. "Advanced PRISM User's Guide", Center for Energy and Environmental Studies Report, Princeton University, Princeton, New Jersey, January.
27. FEMP – Federal Energy Management Program of the U.S. Department of Energy, 2000. "M&V Guidelines: Measurement and Verificação for Federal Energy Projects Version 2.2".
28. FEMP – Federal Energy Management Program of the U.S. Department of Energy, 2002. "Detailed Guidelines for FEMP M&V Opção A".
29. Goldberg, M.L. 1996a. "The Value of Improved Measurements: Facing the Monsters That Won't Annihilate Each Other", Energy Services Journal, 2(1):43- 56.
30. Goldberg, M.L. 1996b. "Reasonable Doubts: Monitoring and Verificação for Performance Contracting", Proceedings of the ACEEE 1996 Summer Study on Energy Efficiency in Buildings, 4.133-4.143 Washington, D.C.: American Council for an Energy-Efficient Economy.
31. Haberl, J., Bronson, D. e O'Neal, D. 1995. "Impact of Using Measured Weather Data vs. TMY Weather Data in a DOE-2 Simulation", ASHRAE Transactions, V. 105, Pt. 2, June.
32. Haberl, J., Reddy, A., Claridge, D., Turner, D., O'Neal, D. and Heffington, W. 1996. "Measuring Energy-Savings Execução das AEEs: Experiences from the Texas LoanSTAR Program", Oak Ridge National Laboratory Report No. ORNL/Sub/93-SP090/1, February.
33. Haberl, J., Turner, W.D., Finstad, C., Scott, F. e Bryant, J. 1992. "Calibração of Flowmeters for use in HVAC Systems Monitoring", Proceedings of the 1992 ASME/JSES/KSES International Solar Energy Conference.
34. Hadley, D.L. e Tomich, S.D. 1986. "Multivariate Statistical Assessment or Meteorological Influences in Residence Space Heating", Proceedings of the ACEEE 1986 Summer Study on Energy Efficiency in Buildings, Vol. 9, pp. 9.132-9.145.

35. Harding, J. (ed). 1982. "Recent Advances in Chilled Mirror Hygrometry", General Eastern Corporation Technical Bulletin, 50 Hunt Street, Watertown, Massachusetts.
36. Heinemeier, K. e Akbari, H. 1993. "Energy Management and Control Systems and Their Use for Performance Monitoring in the LoanSTAR Program", Lawrence Berkeley National Laboratory Report No. LBL-33114- UC-350, June, (preparado para o Texas State Energy Conservation Office).
37. Houcek, J., Liu, M., Claridge, D., Haberl, J., Katipamula, S. e Abbas, M. 1993. "Potential Operation and Maintenance (O&M) Savings at the State Capitol Complex", Energy Systems Lab Technical Report No. ESL-TR-93/01- 07, Texas A&M University, College Station, Texas.
38. Huang, P. 1991. "Humidity Measurements and Calibração Standards", ASHRAE Transactions, Vol. 97, p.3521.
39. Hurley, C.W. e Schooley, J.F. 1984. "Calibração of Temperature Measurement Systems Installed in Buildings", N.B.S. Building Science Series Report No. 153, January.
40. Hurley, W. 1985. "Measurement of Temperature, Humidity, and Fluid Flow", Field Data Acquisition for Building and Equipment Energy Use Monitoring, ORNL Publication No. CONF-8510218, March.
41. Hyland, R.W. e Hurley, C.W. 1983. "General Guidelines for the On-Site Calibração of Humidity and Moisture Control Systems in Buildings", N.B.S. Building Science Series 157, September.
42. IPCC 1995. Impacts, Adaptations and Mitigation of Climate Change: Scientific-Technical Analyses. Contribution of Working Group II to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva, Switzerland. pp 64.
43. Katipamula, S. 1996. "The Great Energy Predictor Shootout II: Modeling Energy Use in Large Commercial Buildings", ASHRAE Transactions, Vol. 102, Pt 2.
44. Katipamula, S. e Haberl, J. 1991. "A Methodology to Identify Diurnal Load Shapes for Non-Weather-Dependent Electric End-Uses", Proceedings of the 1991 ASME-JSES International Solar Energy Conference, ASME, New York, New York, pp. 457-467, March.
45. Kats, G., Kumar, S., e Rosenfeld, A. 1999. "The Role for an International Measurement & Verificação Standard in Reducing Pollution", Proceedings of the ECEEE 1999 Summer Study, Vol. 1, Panel 1.
46. Kats, G., Rosenfeld, A., e McGaraghan, S. 1997. "Energy Efficiency as A Commodity: The Emergence of an Efficiency Secondary Market for Savings in Commercial Buildings", Proceedings of the ECEEE 1997 Summer Study, Vol. I, Panel 2.
47. Kissock, K., Claridge, D., Haberl, J. e Reddy, A. 1992. "Measuring Execução das AEEs Savings For the Texas LoanSTAR Program: Preliminary Methodology and Results", Solar Engineering, 1992: Proceedings of the ASME-JSES-SSME International Solar Energy Conference, Maui, Hawaii, April.
48. Kissock, K., Wu, X., Sparks, R., Claridge, D., Mahoney, J. e Haberl, J. 1994. "EModelo Version, 1.4d", Energy Systems Laboratory ESL-SW-94/12-01, Texas Engineering Experiment Station, Texas A&M University System, December.
49. Knebel, D.E. 1983. "Simplified Energy Analysis Using the Modified Bin Method", ASHRAE, Atlanta, Georgia, ISBN 0-9101110-39-5.
50. Kulwicki, B. 1991. "Humidity Sensors", Journal of the American Ceramic Society, Vol. 74, pp. 697-707.
51. Landman, D. e Haberl, J. 1996a. "Monthly Variable-Based Graus dia Template: A Spreadsheet Procedure for Calculating 3-parameter Change-point Modelo for Residential or Commercial Buildings", Energy Systems Laboratory Report No. ESL-TR-96/09-02.

52. Landman, D. e Haberl, J. 1996b. "A Study of Diagnostic Pre-Screening Methods for Analyzing Energy Use of K-12 Public Schools", Energy Systems Laboratory Report No. ESL-TR-96/11-01, November.
53. Leider, M. 1990. A Solid State Amperometric Humidity Sensor, Journal of Applied Eletrochemistry, Chapman and Hill: Vol. 20, pp. 964-8.
54. Liptak, B. 1995. Instrument Engineers' Handbook, 3rd Edition: Process Measurement and Analysis. Chilton Book Company, Radnor, Pennsylvania, ISBN 0-8019-8197-2.
55. Miller, R. 1989. Flow Measurement Handbook, McGraw Hill Publishing Company, New York, New York, ISBN 0-07-042046-7.
56. Morrissey, C.J. 1990. "Acoustic Humidity Sensor", NASA Tech Brief. Vol. 14, No. 19, April, (acoustic).
- 56a. ORNL (1999) "A Pratical Guide for Commissioning Existing Buildings" Prepared by Portland Energy Coservation Inc., for Oak Ridge National Laboratory (ORNL/TM-1999/34) Disponível em <http://eber.ed.ornl.gov/commercialproducts/retrocx.htm>.
57. Rabl, A. 1988. "Parameter Estimation in Buildings: Methods for Dynamic Analysis of Measured Energy Use", Journal of Solar Energy Engineering, Vol. 110, pp. 52-66.
58. Rabl, A. e Riahle, A. 1992. "Energy Signature Modelo for Commercial Buildings: Test With Measured Data and Interpretation", Energy and Buildings, Vol. 19, pp.143-154.
59. Ramboz, J.D. e McAuliff, R.C. 1983. "A Calibração Service for Wattmeters and Watt-Hour Meters", N.B.S. Technical Note 1179.
60. Reddy, T. e Claridge, D. 2000. "Incerteza of "Measured" Energy Savings From Statistical Referência Modelos," ASHRAE HVAC&R Research, Vol 6, No 1, January 2000.
61. Reynolds, C. e Fels, M. 1988. "Reliability Criteria for Weather Adjustment of Energy Billing Data", Proceedings of ACEEE 1988 Summer Study on Energy Efficiency in Buildings, Vol. 10, pp.10.237-10.241.
62. Robinson, J., Bryant, J., Haberl, J. e Turner, D. 1992. "Calibração of Tangential Paddlewheel Insertion Flowmeters", Proceedings of the 1992 Hot and Humid Conference, Texas A&M University, Energy Systems Laboratory Report No. ESL-PA-92/02-09.
63. Ross, I.J. e White, G.M. 1990. "Humidity", Instrumentation and Measurement for Environmental Sciences: Transations of the ASAE, 2nd ed., p. 8-01.
64. Ruch, D. e Claridge, D. 1991. "A Four Parameter Change-Point Modelo for Predicting Energy Consumption in Commercial Buildings", Proceedings of the ASME-JSES-JSME.
65. SEL 1996. TRNSYS Version 14.2, and Engineering Equation Solver (EES). Solar Energy Laboratory, Mechanical Engineering Department, University of Wisconsin, Madison, Wisconsin.
66. Soebarto, V. 1996. "Development of a Calibração Methodology for Hourly Building Energy Simulation Modelos Using Disaggregated Energy Use Data From Existing Buildings", Ph.D. Dissertation, Department of Architecture, Texas A&M University, August.
67. Sparks, R., Haberl, J., Bhattacharyya, S., Rayaprolu, M., Wang, J. e Vadlamani, S. 1992. "Testing of Data Acquisition Systems for Use in Monitoring Building Energy Conservation Systems", Proceedings of the Eighth Symposium on Improving Building Systems in Hot and Humid Climates, Dallas, Texas, pp.197-204, May.
68. Vine, E. e Sathaye, J. 1999. "Guidelines for the Monitoring, Evaluation, Reporting, Verificação, and Certification of Energy-Efficiency Projects for Climate-Change Mitigation", LBNL Report # 41543.
69. Violette, D., Brakken, R., Schon, A. e Greef, J. 1993. "Statistically-Adjusted Engineering Estimate: What Can The Evaluation Analyst Do About The Engineering Side Of The

Analysis?" Proceedings of the 1993 Energy Program Evaluation Conference, Chicago, Illinois.

70. Wiesman, S. (ed.) 1989. Measuring Humidity in Test Chambers, General Eastern Corporation, 50 Hunt Street, Watertown, Massachusetts.
71. Wise, J.A. 1976. "Liquid-In-Glass Thermometry", N.B.S. Monograph 150, January.
72. Wise, J.A. e Soulen, R.J. 1986. "Thermometer Calibração: A Modelo for State Calibração Laboratories", N.B.S. Monograph 174, January.
73. WRI (2007) Guidelines for Grid-Connected Electricity Projects of the GHG Protocol for Project Accounting, planned for 2007 publication by the World Resources Institute (WRI) and the World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), disponível em www.ghgprotocol.org.

10.1 Outros recursos de organizações

As seguintes organizações americanas fornecem informações úteis e relevantes. A EVO tenta manter na sua página na internet (www.evo-world.org) uma lista atualizada dos seguintes recursos, bem como de todos os outros links da internet mencionados neste documento:

1. Air Conditioning and Refrigeration Center, Mechanical Engineering, University of Illinois. TEL: 217-333-3115, <http://acrc.me.uiuc.edu>.
2. American Council for an Energy Efficient Economy (ACEEE), Washington, D.C. TEL: 202-429-8873, <http://www.aceee.org>.
3. American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers (ASHRAE), Atlanta, Georgia. TEL: 404-636-8400, <http://www.ashrae.org>.
4. American Society of Mechanical Engineers (ASME), New Jersey. TEL: 800-843-2763. <http://www.asme.org>.
5. Association of Energy Engineers (AEE), Lilburn, GA. TEL: 404-925-9558, <http://www.aeecenter.org>.
6. Boiler Efficiency Institute, Department of Mechanical Engineering, Auburn University, Alabama. TEL: 334/821-3095, <http://www.boilerinstitute.com>.
7. Center for Energy and Environmental Studies (CEES), Princeton University, New Jersey. TEL: 609-452-5445, <http://www.princeton.edu/~cees>.
8. Edison Electric Institute (EEI). Washington, DC. TEL: 202-508-5000, <http://www.eei.org/resources/pubcat>.
9. Energy Systems Laboratory, College Station, Texas. TEL: 979-845-9213, <http://www-esl.tamu.edu>.
10. Florida Solar Energy Center, Cape Canaveral, Florida. TEL: (407) 638- 1000, <http://www.fsec.ucf.edu>.
11. IESNA Publications, New York, New York. TEL: 212-248-5000, <http://www.iesna.org>.
12. Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL), Berkeley CA. TEL: 510- 486-6156, Email: EETDinfo@lbl.gov, <http://eetd.lbl.gov>.
13. National Association of Energy Service Companies (NAESCO), Washington, D.C. TEL: 202-822-0950, <http://www.naesco.org>.
14. Energy Information Administration (EIA), Department of Energy, Washington, D.C., TEL: 202-586-8800, <http://www.eia.doe.gov>.
15. National Renewable Energy Laboratory (NREL), Boulder, Colorado, TEL: (303) 275-3000, <http://www.nrel.gov>.
16. National Technical Information Service (NTIS), U.S. Department of Commerce (This is repository for all publications by the Federal labs and contractors), Springfield Virginia. TEL: 703-605-6000, <http://www.ntis.gov>.

17. Oak Ridge National Laboratory (ORNL), Oak Ridge, Tennessee,
Tel: (865) 574-5206, <http://www.ornl.gov/ORNL/BTC>.
18. Pacific Northwest National Laboratory (PNNL), Richland, Washington,
Tel: (509) 372-4217, <http://www.pnl.gov/buildings/>.

10.2 Referências metrológicas

O Apêndice A da ASHRAE (2002) contém informação útil sobre sensores, técnicas de calibração, normas laboratoriais metrológicas e procedimentos de teste para resfriadores (chillers), ventiladores, bombas, motores, caldeiras, fornos, armazenamento térmico e sistemas de manejo de ar. Também contém considerações úteis sobre erros e custos, embora os custos estejam defasados porque a pesquisa que produziu os dados foi feita em 1994.

Normas segundo a Diretiva Européia 2004/22/EC relativa a instrumentos de medição:

EN 1359:1998 Gas meters - Diaphragm gas meters
EN 1359:1998/A1:2006
EN 1434-1:2007 Heat meters - Part 1: General requirements
EN 1434-2:2007 Heat meters - Part 2: Constructional requirements
EN 1434-4:2007 Heat meters - Part 4: Pattern approval tests
EN 1434-5:2007 Heat meters - Part 5: Initial verification tests
EN 12261:2002 Gas meters - Turbine gas meters
EN 12261:2002/A1:2006
EN 12405-1:2005 Gas meters - Conversion devices - Part 1: Volume conversion
EN 12405-1:2005/A1:2006
EN 12480:2002 Gas meters - Rotary displacement gas meters
EN 12480:2002/A1:2006
EN 14154-1:2005+A1:2007 Water meters - Part 1: General requirements
EN 14154-2:2005+A1:2007 Water meters - Part 2: Installation and conditions of use
EN 14154-3:2005+A1:2007 Water meters - Part 3: Test methods and equipment
EN 14236:2007 Ultrasonic domestic gas meters
EN 50470-1:2006 Electricity metering equipment (a.c.) - Part 1: General requirements, tests and test conditions - Metering equipment (class indexes A, B and C)
EN 50470-2:2006 Electricity metering equipment (a.c.) - Part 2: Particular requirements - Electromechanical meters for active energy (class indexes A and B)
EN 50470-3:2006 Electricity metering equipment (a.c.) - Part 3: Particular requirements - Static meters for active energy (class indexes A, B and C)

Outras normas européias e internacionais sobre medições e interpretação de dados:

EN ISO 4259 Petroleum products - Determination and application of precision data in

relation to methods of test
EN 24185 Measurement of liquid flow in closed conduits - Weighing method (ISO 4185:1980)
EN 29104 Measurement of fluid flow in closed conduits -- Methods of evaluating the performance of electromagnetic flow-meters for liquids
EN ISO 5167 Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices - Part 1: Orifice plates, nozzles and Venturi tubes inserted in circular cross-section conduits running full
EN ISO 6817 Measurement of conductive liquid flow in closed conduits - Methods using electromagnetic flow-meters (ISO 6817:1992)
EN ISO 9300 Measurement of gas flow by means of critical flow Venturi nozzles
EURACHEM Quantifying Uncertainty in Analytical Measurement
EUROLAB Technical Report "Measurement Uncertainty – a collection for beginners"
ISO 11453 Statistical interpretation of data - Tests and confidence intervals relating to proportions (1996)
ISO 16269-7 Statistical interpretation of data - Part 7: Median - Estimation and confidence interval (2001)
ISO 3534 Statistics - Vocabulary and symbols
ISO 5479 Statistical interpretation of data - Tests for departure from the normal distribution (1997)
ISO 5725 Accuracy (trueness and precision) of measurement method and results
ISO/TR 5168 Measurement of fluid flow - Evaluation of uncertainties
ISO/TR 7066-1 Assessment of uncertainty in calibration and use of flow measurement devices - Part 1: Linear calibration relationships

Consultar também o Apêndice C para normas específicas sobre medição em várias regiões do mundo.

10.3 Referências sobre calibração

As referências norte-americanas do Capítulo 10 acima sobre calibração incluem: ASTM (1992), Baker and Hurley (1984), Benedict (1984), Bryant and O'Neal (1992), Cortina (1988), Doebelin (1990), EEI (1981), Haberl et al. (1992), Harding (1982), Huang (1991), Hurley and Schooley (1984), Hurley (1985), Hyland and Hurley (1983), Kulwicki (1991), Leider (1990), Liptak (1995), Miller (1989), Morrissey (1990), Ramboz and McAuliff (1983), Robinson et al. (1992), Ross and White (1990), Sparks (1992), Wiesman (1989), Wise (1976), Wise and Soulen (1986).

10.4 Normas Europeias e Internacionais sobre Eficiência Energética em Edifícios

Avaliação do desempenho energético de edifícios baseada na medição do consumo de energia:

- EN15603
- EN 15251
- CEN CR 1752
- ISO/DIS 16814
- ISO 7730

Requisitos e definições relacionadas a serviços de energia:

- EN 15900

Desempenho econômico:

- ISO 15686-5, Part 5
- EN 15459

Edifícios em geral:

- PrEN15203 (Assessment of delivered energy used in buildings)
- PrEN15603 (Overall energy use primary energy and CO₂ emission)
- PrEN15232 (Calculation methods for energy efficiency improvements by the application of integrated building automation systems)
- EN15316 series (Method for calculation of system energy requirements and system efficiency for heating and domestic hot water)
- ISO 13790 (Thermal performance of buildings – calculation of energy use for space heating)

Cálculo de aquecimento ou refrigeração e métodos de inspeção:

- EPBD WI 014
- EN14335 series
- EN14243
- ISO 13790
- ISO 16814
- EN13465
- EN13779
- EN15240
- EN15242

Cálculo de condições climáticas internas e externas e apresentação de dados climáticos:

- ISO 15927-1
- ISO 15927-2
- ISO 15927-4
- ISO 15927-5
- ISO 15927-6

APÊNDICE A EXEMPLOS

A-1 Introdução

Este Apêndice apresenta uma variedade de tipos de projeto e analisa questões-chave de concepção de *M&V*, resultantes das situações descritas. Cada exemplo mostra apenas uma única concepção de *M&V* aderente ao PIMVP, embora possa haver várias concepções possíveis para qualquer projeto.

Os exemplos cobrem 12 cenários diferentes:

- Melhoria da eficiência de uma motobomba (A-2);
- Deslocamento de demanda de uma motobomba (A-2-1);
- Eficiência na iluminação (A-3);
- Controle operacional da iluminação (A-3-1);
- Eficiência na iluminação pública e regulagem de intensidade (A-3-2);
- Gestão de fugas de ar comprimido (A-4);
- Melhoria do conjunto turbina/gerador (A-5);
- Melhoria da eficiência da caldeira (A-6);
- Múltiplas *AEEs* com dados da linha de base medidos (A-7);
- Contabilização da energia de toda a instalação em relação ao orçamento (A-7-1);
- Múltiplas *AEEs* num edifício sem medidores de energia durante o período da linha de base (A-8);
- Novo edifício com projeto melhor do que as normas de eficiência (A-9).

Estes exemplos figuram em diversos níveis de profundidade, a fim de realçar diferentes características de abordagens comuns de *M&V*. Nenhuma delas é completa. Para consultar *Planos de M&V* mais completos e exemplos de relatórios de *economia*, os leitores são remetidos à página da internet dos assinantes da EVO (www.evo-world.org).

Adicionalmente, o Volume III do PIMVP contém exemplos de aplicações de *M&V* para novos edifícios e projetos de energias renováveis.

Estes exemplos de todas as partes do mundo usam diferentes unidades técnicas e moedas comumente usadas no local. A tabela seguinte apresenta uma avaliação da magnitude destas quantidades técnicas expressas em unidades alternativas aproximadas.

	Multiplicar:	Por:	para achar:
Gás natural	m ³	35	ft ³
	mcf	1000	ft ³
Vapor	libra	0,45	kg de vapor
Óleo	litro	0,26	galão (EUA)

Os assinantes da EVO são encorajados a submeter seus próprios exemplos para possível inclusão na biblioteca da página da internet (enviar por correio eletrônico para: ipmvprev@evo-world.org).

A-2 Melhoria da eficiência de uma motobomba – Opção A

Situação Dez conjuntos de bombas de irrigação encontram-se distribuídos em torno de uma propriedade agrícola sul-africana, para bombear de poços subterrâneos. A operação de bombear é habitualmente contínua durante a estação seca anual de seis meses, embora

as bombas possam ser ligadas e desligadas manualmente, se necessário. A empresa local do setor energético ofereceu subsídio parcial para substituir as bombas antigas por novas com motores de alta eficiência. Para efetuar o pagamento final do subsídio, a concessionária requereu uma demonstração a curto-prazo do consumo de energia evitado, sob uma forma aderente ao PIMVP. O proprietário, interessado na substituição das suas velhas bombas e na redução dos custos de energia, pagou assim o restante dos custos de instalação e concordou em fornecer dados à concessionária após a AEE.

Fatores que afetam a concepção da M&V A medição do consumo de eletricidade das bombas é feita por 5 medidores de consumo, de propriedade da concessionária. Estes medidores medem apenas as 10 bombas. Antes da implementação do projeto foi considerado possível que as novas bombas pudessem aumentar as taxas de bombeamento em alguns poços, a fim de que as horas de bombeamento pudessem ser reduzidas. O proprietário e a concessionária reconhecem que as horas de funcionamento e, conseqüentemente, a *economia* dependem das condições da plantação e de precipitação a cada ano. Nenhuma das partes tem controle sobre estas variáveis que influenciam o consumo de energia.

O proprietário procurou o custo mais baixo possível para recolher os dados e relatar à concessionária. O proprietário contratou uma ESCO para selecionar e instalar bombas que fossem ao encontro das suas especificações e daquelas referentes à concessionária.

O fluxo da bomba é constante quando esta funciona, porque não há válvulas de restrição e a profundidade do poço não é afetada pelo bombeamento.

Plano de M&V O Plano de M&V foi desenvolvido em conjunto pelo proprietário e pela concessionária, seguindo o modelo fornecido por esta última. Foi selecionada a Opção A do Volume I do PIMVP, EVO 1000 – 1:2012, para minimizar os custos de M&V. O método acordado da Opção A consiste em negociar uma *estimativa* das horas anuais de funcionamento da bomba em um ano normal, e multiplicar este número pela redução medida da potência.

Foi acordado que a instalação do equipamento de medição da ESCO teria a precisão adequada para medir os requisitos de potência do motor. Antes da substituição, o contratado mediu a potência consumida por cada motor velho em funcionamento durante pelo menos 3 horas. A concessionária manteve o direito de testemunhar essas medições. Uma vez que as bombas têm um fluxo constante, a média anual das horas de funcionamento foi obtida a partir do consumo de kWh da fatura de eletricidade do ano anterior, dividido pela potência das bombas antigas. Uma avaliação mostrou que as bombas operaram por 4.321 horas no ano seco antes do AEE. Houve concordância de que a menor quantidade de chuva obrigou as bombas a operar 9% mais. As horas normais de operação seriam, então, 3.932²² horas.

Resultados:

A economia foi calculada com a Opção A:

Potência total das bombas originais 132 kW

Após a AEE 98,2 kW

Redução de potência 33,8 kW²³

Economia de energia = 34 kW x 3.932 horas ano = 130.000 kWh por ano²⁴

²² Note-se que este número de 3.932 deveria ser expresso com 3 dígitos significativos somente, já que 91,0% tem somente 3 dígitos significativos. Deveria ser mais corretamente expresso como $3,93 \times 10^3$. Entretanto, a forma comum foi utilizada.

²³ O número calculado real de 33,8 deve ser tratado como tendo 2 dígitos significativos. Esta afirmação é feita porque a subtração que levou a 33,8 deve ter não mais dígitos depois da vírgula que o número que tem o menor dígito à direita (132 não tem nenhum, então 34 também não).

²⁴ O produto de 34 por 3.932 tem somente 2 dígitos significativos. Do resultado de 133.688, a expressão correta do produto é $1,3 \times 10^5$ ou 130.000.

O pagamento final do subsídio da concessionária baseou-se na *economia* de energia de 130.000 kWh.

Usando os mesmos períodos de funcionamento *estimados*, a *economia estimada* do proprietário, sob condições normais de precipitação e aos preços atuais da concessionária, foi determinada em $34 \text{ kW} \times 3.932 \text{ h}^{25} \times R0,2566/\text{kWh}^* = R34.000/\text{ano}$.²⁶ Os serviços e as despesas de rede da concessionária ficaram inalterados.

A-2.1 Deslocamento de demanda de uma motobomba – Opção B

Situação O sistema de irrigação descrito no Apêndice A-2 foi também elegível para um incentivo substancial da concessionária, se as bombas fossem mantidas desligadas durante os períodos de ponta das 07:00 às 10:00h e das 18:00 às 20:00h, todos os dias da semana que não sejam feriados. O proprietário instalou um sistema de controle baseado em um sinal de rádio para controlar as bombas à distância e, automaticamente, implementar esta estratégia de variação da carga. O controle da bomba será reprogramado anualmente pelo proprietário, de acordo com o calendário dos dias feriados do ano seguinte.

Fatores que afetam a concepção da M&V O proprietário acreditou que reduzir o bombeamento para um máximo de 25 horas por semana (15%) não seria crítico para o seu funcionamento nas estações secas (eram esperadas menos avarias nas novas bombas, por isso não haveria impacto líquido no seu crescimento durante a estação seca).

A concessionária reconhece que o proprietário possa decidir desligar as bombas, baseado nas suas próprias necessidades. Por conseguinte, a concessionária requereu a adesão à Opção B do Volume I do PIMVP, EVO 10000 – 1:2012, para justificar o desempenho energético de cada ano, antes de efetuar o pagamento de incentivo.

O proprietário considerou que o seu período de reembolso financeiro para o equipamento de controle e monitoramento já era muito longo. Por conseguinte, não quis gastar uma parte significativa do incentivo no fornecimento das provas exigidas pela concessionária.

Plano de M&V A concessionária e o proprietário concordaram em que o registro contínuo de uma variável *representante* evidenciaria o fato de que as bombas estiveram desligadas durante cada período de ponta durante o ano inteiro. A variável *representante* é a presença de fluxo de eletricidade (acima dos 500 mA requeridos pelo equipamento de controle) através de qualquer uma das 5 alimentações elétricas das 10 bombas. Pequenos sensores de corrente não calibrados e registradores de dados foram instalados em cada linha de força perto dos 5 medidores. Os sensores e registradores têm um sistema de alimentação com uma bateria de apoio recarregável.

O proprietário contratou o fornecedor dos dispositivos de controle e monitoramento para ler os dados anualmente, verificar a regulação dos relógios, e apresentar um relatório à concessionária acerca das datas e períodos de qualquer operação durante todos os períodos de ponta dos dias da semana.

Resultados Durante o primeiro ano após a implementação do sistema de controle e monitoramento, o agente de monitoramento reportou à concessionária que a potência foi utilizada entre as 18.00 horas e as 20.00 horas em 5 dias de semana específicos. A concessionária verificou que esses dias foram todos feriados, assim não houve operação durante os períodos de ponta definidos. A variação da demanda foi determinada em 98,2 kW, a partir da medição das novas bombas (ver Apêndice A-2). O incentivo anual da concessionária foi calculado e pago com base nessa Opção B, que registrou uma variação da demanda de 98,2 kW.

²⁵ 133.688 é o valor calculado real antes do arredondamento de dígitos significativos.

²⁶ Esta quantidade pode ser expressa com não mais de 2 dígitos significativos, como explicam as observações mencionadas acima acerca do número mínimo de dígitos significativos. O valor real calculado é R34.103 e deveria ser mais bem expresso como $R3,4 \times 10^4$, embora 34.000 seja o formato normal de moeda.

*correspondência aproximada em out. 2011: 5R (Rand) = 1R\$.

A-3 Eficiência da iluminação – Opção A

Situação Em uma escola canadense, aparelhos de iluminação mais eficientes foram instalados no lugar dos aparelhos de iluminação existentes, mantendo o mesmo nível de iluminação. Esse projeto era parte de um programa mais vasto do conselho executivo da escola, e incluía a contratação de uma ESCO para conceber, instalar e financiar muitas alterações em certo número de escolas. Os pagamentos, em conformidade com o contrato, baseavam-se na *economia* medida aos preços da concessionária, prevalentes quando da assinatura do contrato. A *economia* devia ser demonstrada – de acordo com um *Plano de M&V* que aderira ao PIMVP – imediatamente após a colocação em serviço da AEE. Uma vez que o proprietário controlava o funcionamento das luzes, o contrato especificava que o *Plano de M&V* deveria seguir a Opção A do Volume I do PIMVP, EVO 10000 – 1:2012, usando horas de funcionamento *estimadas*. O *Plano de M&V* deveria ser detalhado após a assinatura do contrato.

Fatores que afetam a concepção da M&V Ao desenvolver o *Plano de M&V* foram considerados os seguintes pontos:

- Todos os aparelhos de iluminação são alimentados por um sistema de fornecimento comum de 347 volts, dedicado à iluminação. Esta situação torna simples a medição da potência;
- O funcionamento da iluminação afeta significativamente os requerimentos de energia para o aquecimento, por isso o *efeito interativo* precisa ser estimado;
- O funcionamento da iluminação afeta significativamente o sistema de resfriamento. No entanto, uma vez que muito pouco espaço da escola é resfriado, e este espaço encontra-se habitualmente vazio durante o tempo mais quente, os *efeitos interativos* do resfriamento foram ignorados;
- Os funcionários do conselho executivo da escola tiveram dificuldade em aceitar uma suposição arbitrária dos períodos de funcionamento da iluminação. Concordaram em pagar um período de dois meses, cuidadosamente instrumentado, de registro dos padrões de iluminação em uma das escolas. Esse teste iria justificar as horas de funcionamento *estimadas*, que seriam acordadas para todas as escolas.

Plano de M&V A *fronteira de medição* desta AEE foi estabelecida de modo que incluísse os aparelhos de iluminação ligados ao sistema de fornecimento de 347 volts:

- o *efeito interativo* do aquecimento foi determinado por cálculos de engenharia como sendo de 6,0% de aumento de energia fornecida pela caldeira, no período que vai de novembro a março. A eficiência da caldeira no Inverno foi estimada em 79% sob condições típicas de Inverno;
- os *fatores estáticos* registrados para a *linha de base* incluíam uma pesquisa sobre a utilização da iluminação, com descrição, localização, nível de iluminação, além de uma medição do número de reatores e aparelhos de iluminação em funcionamento com lâmpadas queimadas;
- 30 registradores da iluminação foram colocados aleatoriamente em salas de aula escolhidas, corredores, vestiários, escritórios, e também no ginásio e no auditório, durante dois meses. Este período incluiu uma semana de férias da Páscoa e dois feriados. O Quadro A-3-1 resume os dados obtidos.

Local	Fração da carga de iluminação	Média de horas semanal	
		Período de aulas	Período de férias
Depósitos	5%	106	22
Escritórios	5%	83	21
Salas de aula	61%	48	5
Auditório	10%	31	11

Quadro A-3-1
Pesquisa do período de funcionamento

Local	Fração da carga de iluminação	Média de horas semanal	
		Período de aulas	Período de férias
Ginásio	10%	82	25
Corredores	9%	168	168

Quadro A-3-1
Pesquisa do período de funcionamento

Uma vez que as salas de aula representam a carga maior, a *precisão relativa* das medições do seu período de funcionamento foi avaliada antes de os funcionários do conselho executivo poderem concordar com os valores *estimados*. Para os registradores das 19 salas de aula, o *desvio padrão* entre as leituras de 6 semanas de escola gravadas foi determinado em 15 horas por semana. Com $19 \times 6 = 114$ leituras, o *erro padrão* nos valores *médios* foi calculado em 1,4 horas por semana (Equação B-4). Com o intervalo de *confiança* a 95%, o valor de *t* para um grande número de observações é 1,96 (Quadro B-1). Por conseguinte, usando a Equação B-9, ficou estabelecido, com 95% de *confiança*, que a *precisão relativa* nas horas medidas de funcionamento da sala de aula é:

$$= \frac{1,96 \times 1,4}{48} = 5,7\%$$

Os funcionários do conselho executivo consideraram adequada esta *precisão* de medição.

Antes de se estimarem valores para todas as escolas, foi decidido acrescentar 6 horas por semana às horas de aula, em virtude dos planos para aumentar as aulas do ensino noturno. Tendo em consideração que há 39 semanas de aula e 13,2 semanas de férias em um ano normal (com anos bissextos), concordou-se que as horas *estimadas* de funcionamento anual fossem as seguintes:

Local	Fração da carga de iluminação	Horas semanais <i>estimadas</i>		Horas anuais <i>estimadas</i>
		39 semanas de escola	13,2 semanas de férias	
Vestiários	5,00%	106	22	4,420
Escritórios	5,00%	83	21	3,480
Salas de aula	61,00%	54	5	2,170
Auditório	10,00%	31	11	1,350
Ginásio	10,00%	82	25	3,530
Corredores	9,00%	168	168	8,770

Desde que a AEE na iluminação foi aplicada uniformemente a todos os aparelhos de iluminação, a média da carga anual *estimada* das horas de funcionamento para essa escola foi determinada em 2.999, ou 3.000, quando arredondada para 3 dígitos significativos (a melhor representação será $3,00 \times 10^3$).

- as medições da energia do *período da linha de base* foram feitas com um medidor de *watt rms* – recentemente calibrado – da potência trifásica usada nos circuitos de iluminação de 347 volts. A partir de uma medição de trinta segundos na entrada dos dois transformadores do sistema de iluminação, constatou-se que, com todos os aparelhos de iluminação ligados, a potência total usada foi de 288 kW. Setenta lâmpadas (= 3 kW ou 1%) estavam queimadas quando do teste. Determinou-se ser normal a fração queimada, no momento desta medição;
- uma vez que as cargas de iluminação estabelecem a ponta do consumo elétrico do edifício quando todas as lâmpadas estão acesas, a *economia* na demanda elétrica será estimada como sendo a mesma da redução de carga medida nos circuitos de iluminação. As contas da concessionária mostraram uma demanda inferior durante as férias de verão, e houve utilização mínima da instalação durante estes meses. Além disso, tendo em consideração os outros equipamentos usados durante o verão,

calculou-se a demanda do circuito de iluminação de julho e agosto como apenas 50% da carga de pico do circuito;

- os preços marginais da concessionária no momento da assinatura do contrato eram de CDN\$0,063/kWh^(*), CDN\$10,85/kW-mês, e CDN\$0,255/m³ para o gás.

^(*) correspondência aproximada em out. 2011: 1CDN = 1,8R\$.

Resultados Após a instalação da AEE, a potência do circuito de iluminação foi novamente medida como tinha sido para o teste de *período da linha de base*. A potência usada fora de 162 kW com todas as lâmpadas acesas e nenhuma queimada. Com a mesma taxa de 1% de lâmpadas queimadas, como no ano da linha de base, a potência máxima do período após a AEE seria de 160 kW (=162 x 0,99). Por conseguinte, a redução da potência é de 288 – 160 = 128 kW.

A *economia* de energia (usando a Equação 1d) sem ajustes) é de 128 kW x 3.000 horas/ano = 384.000 kWh/ano.

A *economia* na demanda é de 128 kW para 10 meses e de 64 kW para 2 meses, para um total de 1.408 kW/mês.

O valor da *economia* elétrica *estimada* sob a Opção A do PIMVP é de:

$$(384.000 \text{ kWh} \times \$0,0630) + (1.410 \times \$10,85) = \text{CDN}\$39.500$$

Supondo que a *economia* do sistema de iluminação é obtida uniformemente durante um período de 10 meses, a *economia* elétrica de mês típico de inverno é de 384.000/10 = 38.400 kWh/mês. O aumento associado à carga da caldeira é de 6,0% desta *economia* elétrica de, novembro a março, a saber:

$$= 6,0\% \times 38.400 \text{ kWh/mês} \times 5,0 \text{ meses} = 12.000 \text{ kWh}$$

A energia extra de entrada na caldeira é de:

$$= 12.000 \text{ kWh} / 79\% = 6,0\% \times 38.400 \text{ kWh/mês} \times 5,0 \text{ meses} / 79\% = 15.000 \text{ kWh}$$

unidades equivalentes do combustível de entrada.

O gás usado na caldeira tem um teor de energia de 10,499 kWh/m³, a quantidade de gás extra é de = 15.000 / 10,499 = 1.400m³ gás.

O valor do gás extra usado no inverno é de 1.400 x \$0,255 = CDN\$360. Por conseguinte, a *economia* líquida total é de \$39.500 – \$360 = CDN\$39.100.

A-3-1 Controle operacional da iluminação – Opção A

Situação Uma fábrica de malhas no sul da Índia funciona habitualmente em 2 turnos por dia. Havia instrução permanente para que os supervisores desligassem todos os circuitos de iluminação em cada zona, no final do segundo turno. Há 70 interruptores. Os supervisores alternavam regularmente o trabalho entre o primeiro e o segundo turnos, esquecendo habitualmente seu dever de desligar a iluminação.

O gestor da fábrica promoveu um projeto para modificar a iluminação de modo que os sensores de presença acendessem e apagassem as luzes. Queria documentar os resultados para mostrar aos supervisores a sua fraca utilização dos interruptores.

Fatores que afetam a concepção da M&V Nenhuma das áreas de produção tinha janelas ou claraboias. Não eram aquecidas nem refrigeradas. Os circuitos de iluminação estavam integrados com outras cargas elétricas, de modo que a utilização da iluminação não podia ser facilmente isolada das outras utilizações da eletricidade.

O gestor da fábrica não desejava perder muito tempo para determinar a *economia*, mas necessitava de um valor confiável para a *economia*.

O preço da eletricidade para usuários não-domésticos de tamanho médio (empresas médias) é de 4,50Rs^(*)/kWh.

^(*) 1 Real = 27 Rupias (out. 11).

Plano de M&V Para minimizar os custos de M&V, decidiu-se realizar medições de *economia* apenas durante um curto período representativo, e utilizar a Opção A do Volume I

do PIMVP, EVO 10000 – 1:2012. Uma vez que o objetivo principal da AEE era controlar as horas de iluminação da área de produção, foi desenvolvido um método baseado em amostra para medir a mudança nas horas de funcionamento. A potência do sistema de iluminação (para usar na Equação 1d)) foi *estimada*, a partir das taxas do fabricante, como sendo de 223 kW.

Registradores de iluminação foram colocados ao acaso em torno da área de produção, para registrar as horas de funcionamento de zonas de iluminação escolhidas aleatoriamente. O número de registradores para obter uma *precisão* global nas estimativas do período de funcionamento de $\pm 10\%$, com um intervalo de *confiança* de 90%, foi escolhido conforme a seguir. Calculava-se que as horas *médias* de funcionamento antes da instalação dos sensores de presença seriam de 125 horas por semana, e o *desvio padrão* nas leituras seria de 25. Por conseguinte, o CV inicialmente estimado é de 0,2, e o número de amostras necessário (com z de 1,96) é de 15 (Equação B-11). Uma vez que há apenas 70 zonas, o ajuste de população finita reduz para 12 o número estimado de registradores necessários (Equação B-12). Calculou-se que depois da instalação dos sensores de presença o CV fosse muito mais baixo, por isso os 12 registradores seriam adequados.

Não há *efeitos interativos* desta AEE em outras cargas do edifício, porque a fábrica não tem aquecimento nem ar-condicionado. Espera-se que a redução da iluminação durante a noite torne o edifício termicamente mais confortável no início do turno da manhã.

Resultados Após o período de um mês, foram recolhidos os dados dos registradores, e as horas de funcionamento médio semanal foram calculadas para as 12 zonas. O valor *médio* foi de 115, e o *desvio padrão* de 29. Por conseguinte, o CV foi de 0,24 ($= 29 / 115$), mais elevado do que o valor esperado e pior do que o necessário para responder à exigência de *precisão*. Em consequência, foi realizado outro mês de registros. Neste último, a *média* das oito semanas de valores médios semanais foi de 118, e o *desvio padrão* de 24 ($CV = 0,20$). Esta foi considerada uma medição adequada das horas de funcionamento do *período da linha de base*, sem sensores de presença.

Os controles dos sensores de presença foram instalados depois do teste do *período da linha de base* mencionado acima. As horas de funcionamento foram de novo registradas nos mesmos locais durante um mês. A *média* foi de 82 horas por semana, e o *desvio padrão* foi de 3 horas. Nesta situação o CV é de 0,04, bem dentro do 0,2 exigido, assim as leituras de um mês foram aceitas. Não ocorreu nenhuma alteração em relação à forma pela qual a fábrica foi usada ou ocupada, por isso não houve necessidade de qualquer *ajuste não periódico* aos dados do *período da linha de base*.

A redução nas horas de funcionamento foi de $118 - 82 = 36$ horas por semana. A *economia* foi calculada usando a Equação 1d) como:

$$223 \text{ kW} \times 36 \text{ horas/semana} = 8.000 \text{ ou } 8,0 \times 10^3 \text{ kWh/semana}$$

Com 48 semanas de funcionamento por ano, o valor anual da *economia* no consumo é de:

$$8.000 \times 48 \times 450/100 = \text{Rs } 1,7 \text{ milhão.}$$

Não há *economia* na demanda, uma vez que a AEE afeta apenas o consumo de energia fora do período de ponta.

Por conseguinte, seguindo a Opção A do PIMVP, pode-se declarar com 90% de *confiança* que a *economia*, no mês após a instalação dos sensores de presença, era de Rs1,7 milhão $\pm 10\%$, dada a estimativa da carga de iluminação instalada.

A-3-2 Eficiência na iluminação pública e regulação de intensidade – Opção B

Situação O sistema de iluminação pública de uma cidade croata necessitava de reparação e atualização substanciais. Novo sistema de iluminação foi instalado na mesma cablagem, incluindo dispositivos de iluminação de alta eficiência e um sistema de regulação de luminosidade, o qual diminui a potência da iluminação até 50% nas horas mais calmas. A iluminação era distribuída através da cidade, com 23 pontos de medição. A AEE incluía a adição de um controle de intensidade centralizado. A cidade manteve a atual empresa executante da manutenção da iluminação, para conceber, instalar e manter o sistema. A

cidade obteve garantia de desempenho energético da *economia* da empresa, e exigiu desta uma demonstração contínua da obtenção da *economia* garantida.

Fatores que afetam a concepção de M&V Os níveis de iluminação da *linha de base* eram inconsistentes, porque 20% dos aparelhos de iluminação estavam queimados. A cidade desejava manter um nível de iluminação mais uniforme. Por conseguinte, atualizou seu contrato de manutenção da iluminação pública, para especificar que os aparelhos queimados não ultrapassassem os 3% em qualquer tempo.

Uma vez que a variação da intensidade é crítica para a *economia*, o registro contínuo do consumo de energia é necessário. Os 23 medidores da concessionária de eletricidade medem continuamente o consumo de energia. No entanto, estes medidores não poderão fornecer a rápida informação operacional necessária para evitar desperdícios significativos de energia, se um regulador de luminosidade falhar ou for acidentalmente alterado. Consequentemente um sistema de registro de energia foi acrescentado ao sistema de comando central da intensidade, para registrar à distância o consumo de energia na estação de comando central da cidade. Para além do simples reportar da *energia*, o sistema compara o consumo de *energia* atual por hora, em cada circuito, a um perfil esperado por hora. As variações em relação a esse objetivo são usadas para detectar aparelhos queimados e falhas no sistema de redução da intensidade.

Plano de M&V A eletricidade consumida no período da linha de base em todos os 23 medidores da concessionária durante o ano passado ascendeu a 1.753.000kWh, nas contas da concessionária. O número e a localização de todos os aparelhos de iluminação no período da *linha de base* foram registrados como parte do *Plano de M&V*, juntamente com os pontos de referência de funcionamento do sistema de comando da iluminação.

A *energia* anual registrada nas faturas para as mesmas contas será adicionada para determinar a *economia* usando a Opção B do Volume I do PIMVP, EVO 10000 – 1:2012, Equação 1c). Os únicos ajustes feitos ao consumo de energia da *linha de base* ou do período de determinação da *economia* serão para adições ou supressões ao sistema e para aparelhos queimados que ultrapassem os 3% a qualquer tempo.

Um *ajuste não-de rotina* foi realizado imediatamente a fim de ter em conta a redução da taxa de queima de 20% do período da *linha de base*, para o valor pretendido de 3% do período de demonstração da *economia*. A *energia da linha de base* foi portanto ajustada para 2.130.000 kWh (= 1.753,000 x 0,970 / 0,800).

O pessoal da manutenção da cidade vai monitorar mensalmente a taxa de aparelhos queimados. Se a taxa for superior a 3%, será feito um *ajuste não periódico* para trazer os dados registrados do período de demonstração da *economia* até os 3% contratados.

A *economia* será reportada para a duração do período de garantia de 10 anos, usando um único preço de 0,600 kuna^(*)/kWh.

(*) 1R\$ = 3kuna (out/11).

Resultados A *economia* foi reportada sem ajustes durante os primeiros três anos após a AEE, porque as taxas de aparelhos queimados permaneceram abaixo dos 3%.

Durante o quarto ano, a taxa de aparelhos queimados foi de 5%, durante 7 meses. A *economia* do quarto ano foi calculada do seguinte modo:

Energia da linha de base 2.130.000 kWh

Energia medida do quarto ano = 1.243.000 kWh

O ajuste dos aparelhos queimados é =

$$\left(\frac{0,970}{0,950} - 1,000 \right) \times \frac{7,0}{12} \times 1.243.000 = 15.000 \text{ kWh}$$

Energia ajustada do 4º ano = 1.243.000 + 15.000 = 1.258.000 kWh

Economia (energia evitada) = 2.130.000 – 1.258.000 = 870.000 kWh

Custo evitado = 870.000 kWh x 0,600 = 520.000 kuna

A-4 Gestão de fugas de ar comprimido – Opção B

Situação O departamento de engenharia de uma fábrica brasileira da indústria de automóveis estimou que se perdiam R\$200.000 por ano através da fuga de ar comprimido, em razão da existência de uma fraca manutenção. O engenheiro da fábrica convenceu o gestor da fábrica de que o departamento de manutenção devia destacar uma pessoa para, durante dois meses, reparar todas as fugas. O departamento de engenharia concordou em realizar monitoramento contínuo das taxas de fuga e da economia, a fim de motivar o pessoal da manutenção a verificar regularmente a existência de fugas.

Fatores que afetam a concepção da M&V Existem poucos fundos disponíveis para qualquer atividade de M&V. O departamento de engenharia também desejava que qualquer metodologia de medição da *economia* apresentasse um erro máximo quantificável de $\pm 5\%$ em qualquer *economia* reportada, com um intervalo de *confiança* de 95%.

O sistema de ar comprimido opera em 2 turnos por dia, 10 por semana, e 442 por ano. Quando está em funcionamento, a utilização do ar comprimido é constante. O calor dos compressores é rejeitado diretamente para fora da sala do compressor, sem causar impacto em qualquer outro sistema de consumo de energia da fábrica.

A tarifa local de consumo elétrico (conhecida como “tarifa verde”), para clientes não residenciais com baixo fator de carga e demanda superior a 0,5 MW, é mostrada no Quadro A-4-1.

	Meses secos (Maio – Setembro)	Meses úmidos (Outubro – Abril)
Período de ponta (17:30 - 20:30 horas de segunda a sexta)	R\$0,957/kWh	R\$0,934/kWh
Períodos fora de ponta	R\$0,143/kWh	R\$0,129/kWh

Quadro A-4-1

Preços do consumo de eletricidade

Taxas que totalizem 42,9% são adicionadas a estas tarifas.

Admitiu-se que o impacto na demanda elétrica da fábrica fosse mínimo, pois é provável que não haja nenhuma alteração no número máximo de compressores que vai operar durante o funcionamento da fábrica.

Plano de M&V Um *Plano de M&V* completo é apresentado na página da *web* dos assinantes da EVO (www.evo-world.org). É usada a Opção B do Volume I do PIMVP, EVO 10000 – 1:2012, para a medição contínua da *economia*, a fim de indicar alterações nas taxas de fuga de ar comprimido. A Equação 1b) do PIMVP foi usada para ajustar a *linha de base* às condições do *período de determinação da economia*. O *Plano de M&V* tinha por objetivo minimizar os custos de medição extra; para tanto um simples medidor de potência (wattímetro) rms trifásico foi conectado à alimentação elétrica do centro de controle de motores, o qual alimenta todos os equipamentos na sala dos compressores. *Essa fronteira de medição* englobava, na sala dos compressores, 6 compressores, 3 secadores de ar comprimido, e todos os outros sistemas auxiliares menores. O calor gerado dentro da sala dos compressores não é um *efeito iterativo*, uma vez que não afeta nenhum outro consumo de energia. Foram dadas instruções ao pessoal da fábrica para ler o medidor ao final de cada turno (isto é, três vezes ao dia), estivesse ou não em operação o sistema de ar comprimido. O medidor foi instalado três meses antes do início das atividades de gestão de fugas.

Os *fatores estáticos* relacionados com o projeto e com as operações da fábrica foram listados, como referência para qualquer possível *ajuste não periódico* futuro. Tais fatores incluíam o número; a capacidade e os padrões de utilização de todos os equipamentos que funcionam a ar comprimido; a velocidade da linha de produção da fábrica, e os modelos dos veículos a serem produzidos.

O consumo de eletricidade da *linha de base*, para turnos de funcionamento e de pausa, era bastante diferente. Também dentro de cada tipo de turno havia ligeiras variações no consumo de energia. Nenhuma *variável independente* específica pôde ser identificada para

explicar as variações. Decidiu-se utilizar o consumo *médio* de energia para cada tipo de turno no *período da linha de base*, para determinar a *economia*. Foi estabelecido um critério para determinar quando fossem feitas leituras do *período da linha de base* por turno suficientes para atingir o objetivo de 95/5 de incerteza, para qualquer relatório de *economia*.

Resultados Um conjunto completo de resultados de *economia* é apresentado na página da *web* dos assinantes da EVO. Descobriu-se que, para atingir o critério de incerteza de 95/5, a variação na energia do turno durante o *período da linha de base* necessitava de leituras durante um período de sete semanas antes da AEE. Os valores do *período da linha de base* foram por conseguinte estabelecidos como o consumo médio de eletricidade de sete semanas de turnos de funcionamento e de pausa.

Verificou-se que após a atividade de reparação das fugas estar acabada, havia muito menos variação no consumo de energia por turno, no *período de determinação da economia*. Por conseguinte, o objetivo de incerteza pôde ser atingido com relatórios mensais de *economia*.

A *economia* de energia foi calculada como sendo a diferença entre o consumo real de energia todos os meses e o *período da linha de base ajustado* determinado pelo produto do número de turnos reais por mês pelo consumo *médio* de energia da linha de base para cada tipo de turno.

O preço adequado da eletricidade foi aplicado à *economia* no consumo, supondo que as tarifas do período de ponta da concessionária fossem aplicadas apenas a um período de três horas dentro do segundo turno. Não foi calculada a *economia* de demanda.

Estas medições continuaram como parte das operações normais da fábrica. O departamento de engenharia da fábrica ajustou a *linha de base* periodicamente, à medida que os *fatores estáticos* se alteravam. O pessoal forneceu leituras de energia do turno, e o departamento de engenharia reportou *economias* todos os meses. As variações dos padrões anteriores de *economia* tornaram-se um foco para avaliar as práticas de manutenção relacionadas com o sistema de ar comprimido.

A-5 Melhoria do conjunto turbina/gerador – Opção B

Situação Uma fábrica de celulose usava uma turbina a vapor para gerar grande parte de sua própria eletricidade. Mudanças recentes do processo reduziram, do seu nível original de concepção, o vapor disponível para a unidade turbina-gerador (TG). Como resultado, a eletricidade gerada e a eficiência térmica da unidade TG foram reduzidas. A fábrica instalou novo rotor, mais eficiente, concebido para o novo menor fluxo de vapor. Estabeleceu-se um processo de medição para avaliar o aumento do rendimento elétrico, a fim de qualificar-se para um pagamento de incentivos por parte da concessionária.

Fatores que afetam a concepção da M&V O objetivo da *M&V* era reportar as melhorias elétricas. A fábrica reconheceu que a extração de mais energia pela turbina deixava menos vapor para o processo, ou necessitava de mais energia da caldeira para fornecer o mesmo vapor ao processo. Esses *efeitos interativos* não faziam parte dessa análise para a empresa de eletricidade. O incentivo da empresa de eletricidade baseava-se puramente no aumento da produção de eletricidade.

Plano de M&V A fábrica e a Concessionária concordaram em utilizar a Opção B do Volume I do PIMVP, EVO 10000 – 1:2012, para determinar o aumento da produção de eletricidade durante o período de um ano. A instrumentação existente na fábrica foi usada para determinar a eficiência do velho rotor, como mostra a Figura A-5.1.

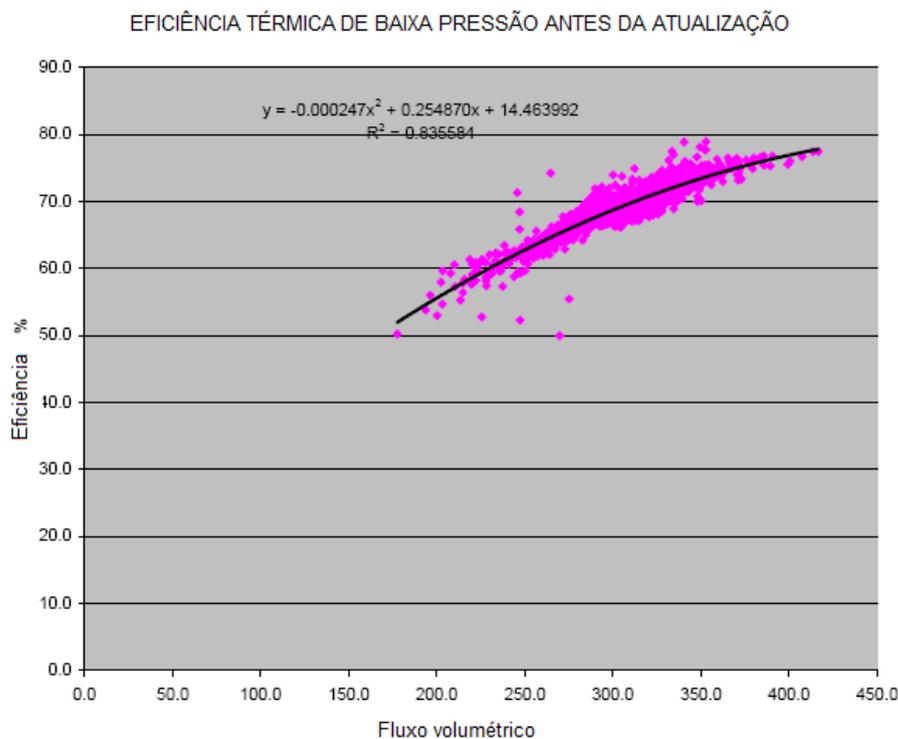


Figura A-5.1
Performance
do rotor
antigo

O modelo matemático que descreve a eficiência da unidade na *linha de base* foi determinado através de uma análise de regressão como sendo de:

$$\text{Eficiência (\%)} = (-0,000247 \times \text{fluxo}^2) + (0,255 \times \text{fluxo}) + 14,5$$

Este modelo de eficiência será usado com as condições de vapor no período de determinação da economia por um ano, para quantificar a produção de eletricidade com o velho rotor. O aumento da produção de eletricidade será reportado sob as condições do período de determinação da economia usando a Equação 1b) do PIMVP.

Os medidores existentes na fábrica são calibrados regularmente como parte integrante da manutenção da fábrica. Foram considerados adequados para o objetivo da empresa de eletricidade.

Resultados Durante um ano após a AEE as condições de vapor foram aplicadas, a cada minuto, ao modelo matemático da eficiência do velho rotor, para calcular o valor da *linha de base ajustada* usado na Equação 1b) do PIMVP. Este valor foi comparado à geração real medida no mesmo período para determinar o aumento da produção de eletricidade.

Não ocorreram mudanças na unidade TG durante esse ano, portanto não foram necessários *ajustes não de rotina*.

A-6 Melhoria da eficiência da caldeira – Opção A

Situação Uma ESCO especializada em caldeiras substituiu a caldeira de um edifício de escritórios na Alemanha por uma caldeira mais eficiente, garantindo uma *economia* anual com óleo de pelo menos €25.000, supondo-se que as cargas na caldeira fossem idênticas às medidas durante o *período da linha de base*. A ordem de compra do proprietário especificava que as quantias retidas seriam pagas apenas depois de a ESCO ter apresentado um relatório de *economia* aderente ao Volume I do PIMVP, EVO 1000 – 1:2012. Foi também especificado que o proprietário e a ESCO estariam de acordo sobre o fato de o *Plano de M&V* fazer parte dos planos de concepção final da AEE.

Fatores que afetam a concepção da M&V Estavam ocorrendo numerosas mudanças no edifício no momento da substituição da caldeira da fábrica, por isso esperavam-se alterações nas cargas supridas pela caldeira. A ESCO é apenas responsável pela melhoria da eficiência da caldeira, e não pelas alterações na carga. No edifício, a caldeira é o único

equipamento que usa óleo. O preço do óleo a ser usado como prova de que se alcançou a garantia do desempenho energético era de €0,70/litro.

Plano de M&V A Opção A do Volume I do PIMVP, EVO 10000 – 1:2012, foi escolhida para isolar a caldeira das alterações que ocorram no edifício. A *fronteira de medição* foi estabelecida para incluir apenas a caldeira, medir o consumo de combustível e a energia térmica líquida fornecida ao edifício. Essa fronteira exclui o consumo de eletricidade do queimador e do ventilador da caldeira. As alterações a estes *efeitos interativos* elétricos foram consideradas negligenciáveis, sendo desnecessária a sua inclusão dentro da *fronteira de medição* ou até em uma estimativa separada.

A garantia da ESCO foi declarada relativa à utilização do ano anterior à submissão da sua proposta. Durante esse período, a instalação comprou 241.300 litros de óleo combustível para a caldeira. Houve aumento de 2.100 litros no inventário do óleo, entre o início e o fim do ano em questão. Por conseguinte, o consumo real foi de 239.200 litros. A carga térmica da caldeira será determinada a partir destes dados de consumo de óleo, uma vez estabelecida a eficiência da velha caldeira. A Equação 1d) do PIMVP será usada com 239.200 litros como *estimativa*. Esta *estimativa* não tem erros, uma vez que sua maior parte²⁷ provém dos dados de envio do óleo – fonte de referência sem erro.

A eficiência da caldeira será o parâmetro medido na Equação 1d). Os testes de eficiência foram planejados para um período de condições típicas de inverno antes da remoção da velha caldeira. As condições de inverno foram escolhidas de modo que houvesse carga suficiente para avaliar a eficiência para toda a faixa de carga térmica da caldeira. Um medidor de energia térmica recentemente calibrado foi instalado pela ESCO na alimentação da caldeira e nos tubos de retorno de água, e um medidor de óleo calibrado foi instalado na alimentação de combustível da caldeira. Tanto o medidor de óleo quanto o medidor de energia térmica e o registrador de dados têm *precisões* avaliadas pelo fabricante de $\pm 2\%$ para as faixas implicadas no projeto.

Os testes de eficiência da *linha de base* foram realizados em três períodos com separação de uma semana, quando diariamente as temperaturas ambientes *médias* iriam de -5°C a $+5^{\circ}\text{C}$. Foram planejados testes idênticos para o primeiro período após a colocação em serviço da nova caldeira quando as temperaturas ambientes variarem novamente entre -5°C a $+5^{\circ}\text{C}$, usando os mesmos medidores de óleo e de energia térmica deixados no local desde os testes de eficiência do *período da linha de base*. Como se espera que os três testes individuais de uma semana incluam períodos representativos da carga da caldeira – variando de carga baixa a carga alta – foi aceito que os resultados dos testes representariam adequadamente a melhoria anual esperada pelo proprietário.

As leituras dos medidores de óleo e de energia térmica serão feitas diariamente pelo pessoal da manutenção do edifício durante os meses de inverno, até que tenham sido obtidas três semanas válidas de teste para a velha caldeira. Será seguido o mesmo processo para a nova caldeira. As leituras serão registradas na sala da caldeira, e abertas à inspeção a qualquer tempo. O sistema de gestão técnica do edifício mede e registra a temperatura ambiente para as semanas válidas.

Um contrato adicional €5.100 foi aceito pelo proprietário para a alimentação, instalação e colocação em serviço dos medidores de óleo e de energia térmica, bem como para calcular e reportar a *economia*. Foi tomada em consideração a exigência de demonstração do desempenho energético durante todo um ano. No entanto, a ESCO salientou que os custos extras de calibração do medidor e a análise de dados iriam acrescentar €3.000 aos honorários. O proprietário decidiu que um curto período de teste de 3 semanas representativas seria adequado. O proprietário também decidiu manter e calibrar ele próprio

²⁷ Os níveis de inventário do óleo são lidos de um medidor de reservatório não-calibrado de precisão desconhecida. Uma vez que a magnitude dos ajustes do inventário é pequena relativamente as entregas contadas durante o ano, qualquer erro neste termo de inventário foi considerado negligenciável.

os medidores de óleo e de energia térmica depois do contrato, e fazer anualmente os próprios cálculos de eficiência da caldeira.

Resultados Foram recolhidos continuamente dados do *período da linha de base* do óleo e da energia durante um período de cinco semanas, até serem encontradas três semanas em que as temperaturas ambientes médias diárias se mantivessem dentro dos valores especificados entre -5°C e +5°C. Dividindo-se a energia térmica líquida fornecida pelo óleo consumido, as leituras médias de eficiência para a velha caldeira, durante os três períodos de uma semana cada um, foram de 65,2%.

Após a instalação e colocação em serviço da caldeira, o *período de determinação da economia* de três semanas foi novamente encontrado com uma temperatura ambiente média entre -5°C e +5°C. Os resultados do teste da eficiência da caldeira estabeleceram uma média de 80,6%.

Não houve alterações na caldeira da fábrica entre o momento dos testes do *período da linha de base* e os testes do período de determinação da economia. Por conseguinte, não foram necessários *ajustes não- de rotina*.

Com emprego da Equação 1d) do PIMVP, a *economia* anual usando 239.200 litros como consumo anual de óleo estimado do período é:

$$\begin{aligned} \text{Economia de Óleo} &= 239.200 \text{ litros} \times (1 - 0,652 / 0,806) \\ &= 45.700 \text{ litros} \end{aligned}$$

O valor da *economia* é €0,70 x 45.700 = €31.900²⁸

Esta *economia* anual estimada a partir de um teste a curto-prazo validou o fato de que a ESCO atingiu o desempenho energético garantido.

A-7 Múltiplas AEEs com dados medidos da linha de base – Opção C

Situação Um projeto de eficiência energética foi implementado em uma escola secundária no norte dos Estados Unidos. O projeto implicava dez AEEs que incluíam a iluminação, o HVAC, o aquecimento da piscina, a formação dos operadores, e as campanhas de consciencialização dos ocupantes. O objetivo do projeto era reduzir os custos de energia.

Fatores que afetam a concepção da M&V O proprietário desejava registrar o custo anual evitado em relação às condições e às tarifas de consumo de energia de 2005 como *período da linha de base*. A escola tem uma piscina e uma cafeteria e funciona durante todo o ano, embora feche num total de 5 semanas por ano entre os períodos escolares. A comunidade utiliza o edifício quase todas as noites.

As necessidades energéticas do edifício são afetadas significativamente pela temperatura ambiente. Os dados da temperatura podem ser facilmente obtidos a partir de uma estação meteorológica próxima. Nenhuma outra variável significativa de controle da energia pôde ser quantificada.

Apenas os escritórios administrativos têm equipamento mecânico de ar-condicionado, que funciona durante 3 meses por ano.

A *economia* anual prevista no medidor do gás é de 79.240 m³ de gás, e 380.000 kWh no medidor principal de eletricidade.

Plano de M&V Um *Plano de M&V* foi desenvolvido mostrando que a Opção C do Volume I do PIMVP, EVO 10000 – 1:2012, devia ser usada para a determinação da *economia* porque o objetivo era o custo energético de toda a instalação. A Opção C também foi escolhida porque estavam envolvidas muitas AEEs, algumas das quais não podiam ser medidas diretamente.

Uma vez que a *economia* é para ser reportada como “custo evitado”, isto é, sob condições do *período de determinação da economia*, a Equação 1b) será utilizada.

²⁸ A *economia* anual de óleo e monetária é expressa com três *dígitos significativos*, o número mais baixo de dígitos usados nos cálculos, tal como obtido nos testes de eficiência.

Uma lista dos elementos-chave no *Plano de M&V* é mostrada mais abaixo. Os pormenores, os dados e a análise são mostrados na página da *web* dos assinantes da EVO (www.evo-world.org).

- A *fronteira de medição* desta determinação da economia foi definida como:
 - uma entrada de eletricidade, incluindo demanda, servindo o edifício principal;
 - uma entrada de eletricidade auxiliar, sem demanda, servindo a iluminação do ginásio;
 - uma entrada de gás natural para o edifício principal.
- As condições do *período da linha de base* de 2005 foram registradas com inclusão de uma estratégia para o departamento de engenharia capturar facilmente informações acerca de futuras alterações.
- Os dados de *energia da linha de base* e dados meteorológicos foram registrados e analisados por uma regressão linear simples do consumo de energia mensal e demanda de energia em função dos *graus-dia*. Os dados de *graus-dia* foram calculados com a temperatura de referência que produziu o melhor R^2 de um número de análises de regressão realizado em uma faixa de temperaturas de referência plausíveis.
- A análise preliminar encontrou no medidor principal correlações claras entre o clima e o consumo de gás no inverno e o consumo de eletricidade principal no inverno. A análise também mostrou que não existe correlação significativa do clima com a demanda de eletricidade ou com o consumo de gás ou eletricidade no verão. Decidiu-se que a regressão seria apenas realizada em períodos de faturamento com mais de 50 *graus-dia de aquecimento* (GDA). Também se decidiu que, durante os *períodos de determinação da economia* com 50 ou menos GDAs, os valores da *linha de base ajustada* seriam deduzidos diretamente do mês do *período da linha de base* correspondente, ajustado apenas ao número de dias no período.

As relações *energia/GDA* foram deduzidas para a estação de aquecimento, em todas as três faturas, como mostra o Quadro A-7-1, juntamente com estatísticas e coeficientes-chave de regressão, nos quais foram encontradas relações significativas.

Quadro A-7-1
Análise de
Regressão

	Gás	Eletricidade		
		Edifício principal		Ginásio
		Consumo	Demanda	Consumo
Unidades	mcf	kWh	kW	kWh
Meses com mais de 50 GDA	8	8	8	9
Temp. base GDA	60 °F	62 °F	62 °F	68 °F
Estatísticas de regressão:				
R^2	0,93	0,81	0,51	0,29
Erro padrão da estimativa	91	15.933		
Estatística t do coeficiente de GDA	8,7	5,0	2,5	1,7
Avaliação da análise de regressão	Boa	Boa	Boa	Marginal
Coefficientes de regressão (onde aceitos):				
Interseção	446,73	102,425		
Coefficiente GDA	1,9788	179,3916		

A estatísticas de regressão para o consumo de gás e o consumo principal de eletricidade mostram correlação aceitável com os GDA, como indicado pelo R^2 elevado e pelas estatísticas t do GDA bem acima do valor crítico da Tabela B-1 do PIMVP de 1,89 para 8

pontos de dados e 90% de confiança. Estas observações são lógicas, uma vez que o consumo principal do gás é para o aquecimento do edifício. Também há significativa quantidade de aquecimento elétrico no edifício principal.

A fatura do ginásio mostrou uma estatística t e um R^2 fracos. O edifício não tem aquecimento instalado, mas mantém a iluminação acesa mais tempo durante os meses com menos luz do dia, também os meses mais frios. Podia prever-se que o consumo mensal de eletricidade seguisse um padrão anual razoavelmente regular, relacionado com as horas de luz diária e a ocupação, e não condicionado pela temperatura ambiente. Por conseguinte, a correlação mínima desse medidor com o GDA é ignorada, e não lhe serão feitos ajustes climáticos. Em vez disso, o relatório de *economia* de cada mês adotará o seu *período da linha de base* do consumo do mês *da linha de base* correspondente, ajustando-se ao número de dias do *período de determinação da economia*.

O medidor principal de demanda elétrica mostrou fraca correlação com a temperatura do dia mais frio. Por conseguinte, o relatório de *economia* de cada mês adotará a sua demanda do *período da linha de base* da demanda real do mês do *período da linha de base* correspondente, sem ajuste.

O impacto a longo prazo nos relatórios de *economia* destas estatísticas de regressão foi analisado. A precisão relativa nos relatórios de *economia* no Inverno será menos de $\pm 10\%$ para o gás, e menos de $\pm 20\%$ para a fatura principal de eletricidade. A *economia* prevista será estatisticamente significativa para os meses de Inverno, uma vez que corresponderá a mais de duas vezes o *erro padrão* das fórmulas do *período da linha de base* (ver o critério no Anexo B-1.2). O conselho executivo sentiu-se confortável com esta *precisão* quantificada prevista, e com possíveis erros não quantificáveis relacionados com o simples ajuste da duração dos períodos de medição em meses com 50 ou menos GDA.

A tarifa a ser usada para avaliar a *economia* será o preço total na ocasião, adequado para cada fatura.

Resultados Os dados do *do período de determinação da economia* para o primeiro ano foram retirados diretamente das faturas da Concessionária, sem ajuste e relatórios meteorológicos governamentais. Esses dados e cálculos para a *economia* em unidades de energia e demanda com emprego da Equação 1b) são mostrados na página da *web* da EVO.

A tarifa atual de energia foi aplicada a cada conta do *período da linha de base ajustado* de cada fatura e à *energia do período de determinação da economia*, para calcular a *economia*. Uma vez que a tarifa do gás mudou no mês 9, e a tarifa de eletricidade mudou no mês 7, duas estruturas tarifárias diferentes foram usados para cada tipo de energia, durante o relatório de *economia* de 12 meses. Estes cálculos também se encontram detalhados na página da *web* da EVO.

A-7.1 Contabilização da energia de toda a instalação em relação ao orçamento

Situação Foi solicitada ao gestor de energia de uma cadeia de hotéis a preparação anual de um orçamento energético, bem como a explicação periódica das variações no orçamento.

Fatores que afetam a concepção da M&V A ocupação dos quartos de hóspedes do hotel, a utilização do centro de convenções e o clima afetam significativamente o consumo de energia. Para justificar o consumo de energia, o gestor de energia percebeu que necessitava usar técnicas do estilo de *M&V* a fim de ajustar o consumo a estes fatores significativos.

Plano de M&V O gestor de energia seguiu a Opção C do Volume I do PIMVP, EVO 10000 – 1:2012, uma vez que precisava explicar as variações de orçamento nos relatórios de energia. O gestor sempre enunciou seus orçamentos de consumo sob condições climáticas médias a longo prazo, e nas condições de ocupação do ano anterior.

Resultados Para justificar as variações de orçamento, logo que se completou um ano o gestor de energia preparou um modelo de regressão da utilização de cada tipo de *energia*,

com dados das concessionárias, usando fatores climáticos e de ocupação reais para esse ano. O gestor tomou então três medidas para determinar separadamente os efeitos principais do clima, da ocupação, e das tarifas das concessionárias:

- **Clima** Inseriu estatísticas climáticas normais nos modelos do ano mais recente. Usando as tarifas reais da concessionária durante esse ano, determinou quanto teria sido o consumo de energia (e o custo) se o clima tivesse sido normal (também apontou quanto os *graus-dia* reais de aquecimento e refrigeração variaram em relação ao normal e em relação ao ano anterior, em cada local);
- **Ocupação** Inseriu os fatores de ocupação do ano anterior nos modelos do ano mais recente. Usando as tarifas reais da concessionária para o ano mais recente, determinou quanto teria sido o consumo de energia (e o custo) se a ocupação tivesse sido a mesma do ano anterior (também anotou quanto a ocupação mudou de ano para ano em cada local);
- **Tarifas da concessionária** Aplicou as tarifas do ano anterior ao consumo do ano mais recente (e à demanda), a fim de determinar qual variação do orçamento estava relacionada com as alterações das tarifas para cada concessionária, em cada local.

Definido o impacto destas três variáveis, o gestor do departamento energético ainda precisava justificar as restantes variações. Para tanto, inseriu os fatores climáticos e de ocupação do ano mais recente nos modelos matemáticos do ano anterior e, usando as tarifas atuais das concessionárias, reportou o custo evitado a partir do padrão do ano anterior. Este custo evitado foi então analisado em relação às alterações nos *fatores estáticos* registrados para cada local relativamente ao registro do ano anterior. Todas as variações restantes foram reportadas como fenômenos verdadeiramente aleatórios ou desconhecidos.

Esse processo de análise não só permitiu ao gestor do departamento energético justificar as variações no orçamento, mas também o informou sobre onde centrar esforços para gerir as variações injustificadas. Para além disso, permitiu-lhe tornar o orçamento mais completo para os anos seguintes.

A-8 Múltiplas AEEs em um edifício sem medidores de energia durante o período da linha de base – Opção D

Situação Um projeto de eficiência energética foi implementado no edifício da biblioteca de uma universidade americana, envolvendo sete AEEs que vão desde a iluminação, até o AVAC (sistema de aquecimento, ventilação e ar condicionado), treinamento dos operadores e campanhas de conscientização dos ocupantes. O edifício faz parte de um campus com vários outros edifícios, sem medidores individuais para cada unidade. Os objetivos do projeto consistiam em reduzir os custos de *energia* na biblioteca.

Fatores que afetam a concepção da M&V Uma vez que o projeto na biblioteca era muito pequeno em relação ao conjunto de todos os edifícios da universidade, o seu efeito não podia ser medido usando os medidores da concessionária do conjunto dos edifícios.

A universidade desejava obter *economia* o mais rápido possível, apesar da falta de um registro do consumo de energia do período da linha de base.

A *economia* deverá ser reportada continuamente, logo que possível após a AEE, usando os preços do contrato de energia atual.

Plano de M&V Decidiu-se não esperar para obter um ano inteiro de dados de consumo de energia a partir dos novos medidores antes de se implementarem as medidas. Em vez disso, seria usada a Equação 1f) da Opção D do Volume I do PIMVP, EVO 1000 – 1:2012, simulando o desempenho energético antes da AEE. Por conseguinte, como parte do programa de gestão energética, medidores de vapor, de eletricidade e de demanda foram instalados nas principais linhas de alimentação da biblioteca.

A *fronteira de medição* desse projeto foi definida como sendo o conjunto de todos os sistemas usuários de energia na biblioteca. No entanto, o impacto principal no consumo da

energia seria verificado nos medidores principais das concessionárias do campus. Para transformar a *energia* medida na biblioteca em seu impacto real nas contas das concessionárias do campus da universidade foram feitas as seguintes suposições:

- 1 kg de vapor na biblioteca requer 0,1 m³ de gás natural no medidor de gás da central de aquecimento do conjunto de edifícios da universidade. Há uma componente fixa no consumo de gás da central de aquecimento, resultante das perdas inevitáveis do sistema de vapor. O fator de 0,1 m³, consumo médio anual de gás por kg do vapor produzido, atribui uma parte baseada na carga desta componente fixa à biblioteca;
- o consumo da eletricidade na biblioteca requer 3% mais de eletricidade no medidor de eletricidade do conjunto dos edifícios da universidade, em razão das perdas estimadas de transformação e distribuição do conjunto de edifícios;
- presume-se que as horas de ponta da demanda na biblioteca coincidam com as horas de ponta da demanda no medidor do conjunto dos edifícios da universidade.

A *economia* esperada das AEEs foi prevista por simulação computadorizada feita com o *software* DOE 2.1, disponível publicamente. Foi necessária sondagem completa dos sistemas e da ocupação do edifício para reunir todos os dados de entrada. As necessidades de potência de cinco sistemas de volume de ar variável foram registradas durante uma semana, a fim de definir alguns dos dados de entrada para o planejamento dessa simulação. A simulação utilizou as condições climáticas normais e de ocupação a longo prazo, além de outras características do edifício existentes quando da previsão. Foi decidido reportar a *economia* real sob as mesmas condições.

O contrato de fornecimento de gás da universidade tem um preço marginal de US\$0,22/m³. Também apresenta um nível de consumo mínimo – apenas 150 mil m³ abaixo da utilização real de gás durante o *período da linha de base*. Se o consumo cair mais de 150 mil m³, a universidade pagará o valor mínimo do contrato. O contrato será renegociado com base nos resultados determinados a partir do projeto para a biblioteca. O preço marginal da eletricidade no medidor do conjunto de edifícios da universidade é de \$0,18/kWh nos períodos de ponta, e de \$0,05/kWh nos períodos fora de ponta; a demanda é avaliada em \$10,25/kW-mês.

Após o primeiro ano, os dados do medidor referentes a este período serão usados como *período da linha de base* para nova abordagem, usando a Opção C para este edifício.

Resultados As seguintes etapas foram usadas para calcular a *economia*:

1. os novos medidores foram calibrados e instalados. O pessoal registrou mensalmente o consumo de energia e a demanda, durante 12 meses, ao longo do primeiro ano após o comissionamento da AEE;
2. o *modelo de simulação* original do planejamento foi em seguida aperfeiçoado para corresponder com: as AEEs instaladas; o clima; a ocupação; e os perfis de funcionamento do *período de determinação da economia*. A simulação resultante das temperaturas e umidades da biblioteca foram examinadas para garantir que correspondiam razoavelmente à faixa típica das condições interiores durante os dias ocupados e desocupados. Inicialmente o resultado da simulação não correspondia muito bem ao consumo de energia real, por isso a equipe de M&V investigou o local mais detalhadamente. Durante as investigações adicionais, a equipe constatou que os períodos noturnos desocupados sofriam alteração muito pequena da temperatura interior. Portanto foram alteradas as características de massa térmica do modelo do computador. Depois desta correção, os resultados mensais modelados foram comparados aos dados de calibração mensais. O maior CV(EMQ) das diferenças foi de 12%, no medidor da demanda elétrica. A universidade achou que, em virtude de estes valores de CV(EMQ) estarem em conformidade com as especificações da ASHRAE (2002), podia manter *confiança* razoável nos resultados relativos de duas execuções do modelo. Por conseguinte, o “modelo calibrado conforme construído” foi arquivado, com cópia impressa e eletrônica dos dados de entrada, relatórios de diagnóstico e dados de saída;

3. o “modelo calibrado conforme construído” foi então executado com um arquivo de dados climáticos correspondentes a um ano normal. As estatísticas de ocupação e os *fatores estáticos* foram também repostos ao que havia sido observado durante o *período da linha de base*. O “**modelo de condições normais após a AEE**” resultante foi arquivado, com cópia impressa e eletrônica dos dados de entrada, relatórios de diagnóstico e dados de saída;
4. o modelo de condições normais após a alteração foi então ajustado para retirar as *AEEs*. O “**modelo de condições normais do período da linha de base**” foi arquivado, com cópia impressa e eletrônica dos dados de entrada, relatórios de diagnóstico e dados de saída;
5. o consumo de energia dos dois modelos normais foi então comparado usando a Equação 1f) para avaliar a *economia* de energia, como mostra o Quadro A-8-1.

A-8-1 <i>Economia simulada da biblioteca sob condições normais</i>		Modelo de condições normais do <i>período da linha de base</i>	Modelo de condições normais após a AEE	<i>Economia</i>
	Consumo de eletricidade nas horas de ponta (kWh)	1.003.000	656.000	347.000
	Consumo de eletricidade nas horas fora de ponta (kWh)	2.250.000	1.610.000	640.000
	Demanda elétrica (kW-meses)	7.241	6.224	1.017
	Vapor (mil libras)	12.222	5.942	6.280

6. O valor da *economia* no medidor do conjunto de edifícios da universidade foi calculado como mostra o Quadro A-8-2, tendo em conta a transformação e perdas de linha, bem como as quantidades mínimas de gás do contrato.

A-8-2 <i>Economia do conjunto dos edifícios</i>	<i>Economia da energia da biblioteca</i>	<i>Economia da energia do conj. de edifícios</i>	<i>Economia da energia faturada</i>	Custo da <i>Economia</i> US\$
Consumo de eletricidade nas horas de ponta (kWh)	347.000	357.400	357.400	64.330
Consumo de eletricidade nas horas de fora de ponta (kWh)	640.000	659.200	659.200	33.000
Demanda elétrica (kW-mês)	1.017	1.048	1.048	10.740
Vapor ou gás	6.280.000 libras de vapor	9.420 mil pés cúbicos de gás	5.300 mil pés cúbicos de gás	33.000
Total				\$141.000 ²⁹

²⁹ O número final da economia é expresso usando três dígitos significativos, porque o menor número de dígitos usado no cálculo é três (656 000 kWh – fase 5).

A *economia* total é mostrada para o ano anterior à revisão do mínimo do contrato de gás.

A-9 Novo edifício concebido melhor do que as normas – Opção D

Situação Um novo edifício foi concebido para consumir menos energia do que a requerida pelas normas de construção local. Para se qualificar para um pagamento de incentivos do governo, foi solicitado ao proprietário mostrar que o consumo de energia do edifício, durante o primeiro ano de funcionamento após o comissionamento e a ocupação total, era inferior a 60% ao que teria sido se sua construção estivesse em conformidade com as normas.

Fatores que afetam a concepção de M&V Foi usada uma simulação computadorizada extensivamente durante o projeto do edifício, para ajudar a atingir uma meta de consumo igual a 50% do estipulado pelas normas.

O edifício foi construído como nova sede corporativa de uma grande firma. Previa-se que estivesse completamente ocupado imediatamente após a abertura.

O proprietário planejou usar os mesmos cálculos de *economia* de energia que apresentara ao governo, para mostrar quanto dinheiro estava sendo poupado como resultado do investimento extra em um edifício eficiente. Também tencionou rever anualmente as variações do desempenho energético inicialmente obtido.

Plano de M&V A Opção D do Volume I do PIMVP, EVO 1000 – 1:2012 será utilizada para demonstrar a *economia* do novo edifício comparada com um edifício idêntico, construído de acordo com as normas de construção. É possível usar ou a Equação 1f) comparando duas simulações, ou a Equação 1g) comparando o *período da linha de base* simulado e a *energia* real medida após a sua correção por erro de calibração. O programa de incentivos não especificava que método deveria ser usado. O responsável pela modelagem considerou que a Equação 1f) seria mais precisa. No entanto, o proprietário pretendia utilizar dados reais da concessionária na sua declaração final de *economia*, por isso pediu a utilização da Equação 1g).³⁰

Após o primeiro ano de funcionamento completo (“ano um”), a energia e os dados de funcionamento do “ano um” vão tornar-se o *período da linha de base* no uso da Opção C do Volume I do PIMVP, EVO 1000 – 1:2012, para reportar o desempenho energético em curso.

Resultados Um ano após o comissionamento e a ocupação completa, os dados de entrada da concepção da simulação original foram atualizados de modo que refletissem o equipamento tal como está construído e a ocupação atual. Foi escolhido um arquivo de dados climáticos para para o local do edifício, com base na semelhança do arquivo de *graus-dia* de aquecimento e refrigeração totais com os *graus-dia* medidos do ano um. Esse segundo arquivo foi adequadamente ajustado aos *graus-dia* de aquecimento e resfriamento mensais reais do ano um. Os dados de entrada revistos foram usados para voltar a executar a simulação.

Os dados de consumo da concessionária do ano um foram comparados com o *Modelo de simulação*. Depois de mais algumas revisões dos dados de entrada da simulação, foi considerado que a simulação modelava razoavelmente o edifício atual. A simulação calibrada foi denominada “modelo tal como está construído.”

Os erros de calibração no modelo tal como está construído relativamente aos dados reais do comercializador de energia estão mostrados na Tabela A-9-1:

	Gás	Consumo de eletricidade (kWh)		Demanda elétrica (kW)
		Ponta	Fora de ponta	
Janeiro	+1%	- 2%	+1%	+6%
Fevereiro	- 3%	+1%	0%	- 2%

³⁰ Este método é o mesmo que o Método 2, da Opção D, do Volume III Parte 1 Nova Construção do PIMVP(2006).

	Gás	Consumo de eletricidade (kWh)		Demanda elétrica (kW)
		Ponta	Fora de ponta	
Março	0%	- 2%	- 1%	- 5%
Abril	+2%	+3%	+1%	- 3%
Maio	- 2%	+5%	+2%	+6%
Junho	+7%	- 6%	- 2%	- 9%
Julho	- 6%	+2%	0%	+8%
Agosto	+1%	- 8%	- 1%	+5%
Setembro	- 3%	+7%	+1%	- 6%
Outubro	- 1%	- 2%	- 1%	+5%
Novembro	+3%	- 2%	- 1%	- 9%
Dezembro	+1%	+4%	+1%	+4%

Tabela A-9-1
Erros de
calibração
mensais

Os dados de entrada para o modelo tal como está construído foram então mudados para descrever um edifício com a mesma ocupação e localização, mas simplesmente em conformidade com a norma de construção. Este foi denominado “modelo normalizado”.

O consumo de energia mensal do modelo normalizado foi ajustado pelos erros de calibração mensais da Tabela A-9-1, para avaliar o “**modelo normalizado corrigido.**” Os dados medidos atuais para o ano um foram então subtraídos do modelo normalizado corrigido, para avaliar a *economia* mensal. A percentagem de *economia* foi calculada com o objetivo de provar a sua elegibilidade para o incentivo do governo.

A *economia* monetária foi determinada para o proprietário, com aplicação da então atual estrutura de tarifas totais da concessionária aos valores mensais previstos do modelo normalizado corrigido. Este valor total foi comparado com os pagamentos totais à concessionária para o ano um.

Os dados de energia do ano um tornaram-se a base de uma abordagem que utiliza a Opção C para os anos seguintes.

B-1 Introdução

O objetivo da *M&V* é determinar com confiança a *economia de energia*. Para que os relatórios de *economia* sejam de confiança, precisam apresentar um nível razoável de incerteza. A incerteza de um relatório de *economia* pode ser gerida controlando erros aleatórios e o viés dos dados. Os erros aleatórios são afetados pela qualidade do equipamento de medição, das técnicas de medição e da concepção do procedimento de amostragem. O viés dos dados é afetado pela qualidade dos dados de medição, pelas suposições e pelas análises. A redução dos erros aumenta habitualmente o custo da *M&V*, por isso a necessidade de uma incerteza melhorada deve ser justificada pelo valor da informação melhorada (ver seção 8.5).

Os cálculos da *economia de energia* implicam a comparação entre dados medidos de *energia* e um cálculo de “ajustes”, para converter *ambas as medições ao mesmo* conjunto de condições de funcionamento (ver seção 4.1, Equação 1). Tanto as medições quanto os ajustes introduzem erro. Os erros podem surgir, por exemplo, em consequência de inexatidão do medidor, de procedimentos de amostragem ou de procedimentos de ajuste. Estes processos produzem “estimativas” estatísticas com valores reportados ou previstos e algum nível de variação. Em outras palavras, os verdadeiros valores não são conhecidos, apenas estimativas com algum nível de incerteza. Todas as medições físicas, bem como a análise estatística baseiam-se em estimativas de tendências centrais, tais como valores *médios* e quantificação de variações da largura de faixa, do *desvio padrão*, do *erro padrão* e da *variância*.

As estatísticas são a base dos métodos matemáticos que podem ser aplicados aos dados para ajudar a tomar decisões em face da incerteza. Por exemplo, as estatísticas fornecem formas de verificar resultados para constatar se a *economia* reportada é “significativa”, ou seja, é provável que constitua um efeito real da AEE em vez de um comportamento aleatório.

Os erros ocorrem em três formas - modelagem, amostragem e medição:

- Modelagem – Os erros na modelagem matemática são devidos a uma forma funcional inadequada, à inclusão de variáveis irrelevantes, à exclusão de variantes relevantes, etc. Ver Apêndice B-2.
- Amostragem – O erro de amostragem surge quando apenas uma porção da população de valores reais é medida, ou é usada uma abordagem de amostragem com erro sistemático. A representação de apenas uma porção da população pode ocorrer tanto no sentido físico (isto é, apenas 20 dos 1 000 aparelhos de iluminação são medidos), quanto no sentido temporal (a medição ocorre durante apenas dez minutos de cada hora). Ver Apêndice B-3.
- Medição – Os erros de medição resultam de vários fatores: precisão dos sensores; erros de rastreamento de dados; desvios desde a calibração, medições imprecisas, etc. A magnitude de tais erros é dada em grande parte pelas especificações do fabricante, e gerida pela calibração periódica. Ver Apêndice B-4 e seções 4.8.3 e 8.11.

Este Apêndice fornece orientações acerca da quantificação das incertezas criadas pelas três formas de erro acima relacionadas. O Apêndice B-5 discute os métodos para combinar elementos quantificados de incerteza.

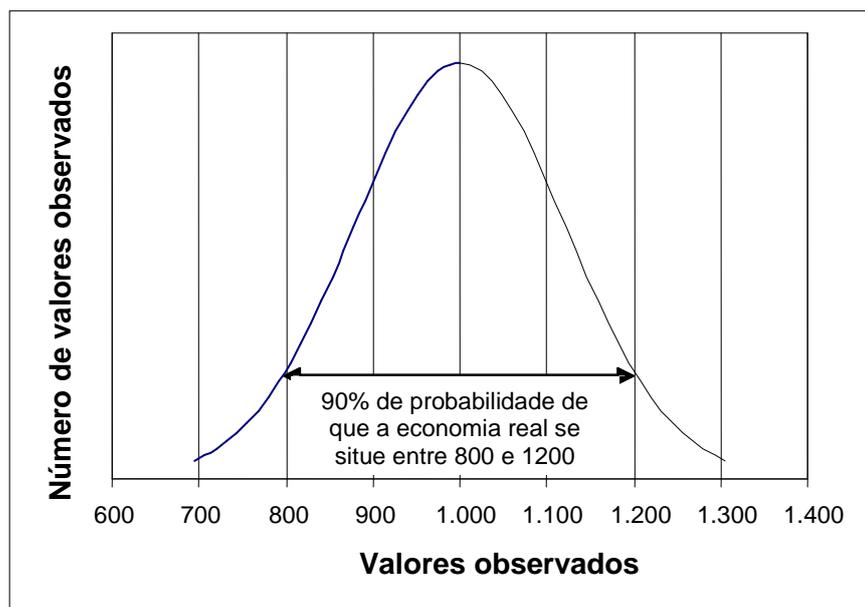
Algumas fontes de erro são desconhecidas e inquantificáveis. Exemplos de tais fontes seriam má seleção ou má colocação do medidor, *estimativas* imprecisas na Opção A, ou má estimativa dos *efeitos interativos* nas Opções A ou B. As incertezas desconhecidas ou inquantificáveis apenas podem ser geridas seguindo as melhores práticas da indústria.

Um exemplo da utilização da análise da incerteza é dado no Apêndice B-6. Também alguns dos exemplos no Apêndice A apresentam cálculos de incerteza: A-3, A-3-2, A-4 e A-7. A página da *web* dos assinantes da EVO (www.evo-world.org) contém pormenores dos cálculos de incerteza dos pontos A-4 e A-7.

B-1.1 Expressar a incerteza

Para comunicar uma *economia* de forma estatisticamente válida, esta *economia* deve ser expressa juntamente com seus intervalos de *confiança* e *precisão*. A *confiança* refere-se à probabilidade de que a *economia* estimada faça parte da margem de *precisão*.³¹ Por exemplo, o processo de estimativa da *economia* pode levar a uma declaração tal como: “a melhor estimativa da *economia* é 1.000 kWh anualmente (estimativa pontual), com uma probabilidade de 90% (*confiança*) de que o valor médio verdadeiro da *economia* esteja numa faixa de $\pm 20\%$ de 1.000.” Uma representação gráfica desta relação é mostrada na Figura B-1.

Figura B-1 Distribuição normal da população



Uma declaração de *precisão* estatística (a parte de $\pm 20\%$) sem intervalo de *confiança* (a parte de 90%) não tem sentido. O processo de *M&V* pode revelar uma *precisão* extremamente elevada, com baixa *confiança*. Por exemplo, a *economia* pode ser apresentada com uma *precisão* de $\pm 1\%$, mas o intervalo de *confiança* associado pode cair de 95% a 35%.

B-1.2 Incerteza aceitável

A *economia* é considerada estatisticamente válida se for grande relativamente a variações estatísticas. Especificamente, a *economia* precisa ser maior do que duas vezes o *erro padrão* (ver definição no Apêndice B-1.3) dos valores do *período da linha de base*. Se a *variância* dos dados do *período da linha de base* for excessiva, o comportamento aleatório inexplicado no consumo de *energia* das *instalações* ou do sistema será elevado, e qualquer simples determinação da *economia* não será de *confiança*.

Quando não se consegue estar em conformidade com este critério, deve-se considerar a utilização de:

- equipamento de medição mais preciso;
- mais *variáveis independentes* em qualquer modelo matemático;
- tamanhos maiores de amostras, ou;

³¹ Os termos de estatística em itálico neste anexo são definidos no anexo B-1.3

- uma Opção do PIMVP que seja menos afetada por variáveis desconhecidas.

B-1.3 Definições de termos estatísticos

Média Amostral (\bar{Y}): A medida mais frequentemente usada da tendência central de uma série de observações. A *média amostral* é determinada adicionando os pontos de dados individuais (Y_i) e dividindo pelo número total destes pontos de dados (n), da seguinte forma:

$$\bar{Y} = \frac{\sum Y_i}{n} \quad \text{B-1}$$

Variância Amostral (S^2): Medida da extensão pela qual os valores observados diferem uns dos outros, isto é, a variabilidade ou a dispersão. Quanto maior a variabilidade, maior a incerteza na *média*. A *variância amostral*, medida de variabilidade mais importante, é encontrada pela média do quadrado dos desvios individuais em relação à *média*. A razão pela qual estes desvios em relação à *média* são elevados ao quadrado é simplesmente para eliminar os valores negativos (quando um valor está abaixo da *média*), a fim de que estes não cancelem os valores positivos (quando um valor está acima da *média*). A *variância amostral* é calculada da seguinte forma:

$$S^2 = \frac{\sum (Y_i - \bar{Y})^2}{n - 1} \quad \text{B-2}$$

Desvio padrão amostral: Simplesmente a raiz quadrada da *variância*. Este valor traz de volta a medida de variabilidade à unidade dos dados (por exemplo, enquanto as unidades de *variância* estão em kWh², as unidades de *desvio padrão* estão em kWh).

$$s = \sqrt{S^2} \quad \text{B-3}$$

Erro padrão amostral (EP): O *desvio padrão* dividido por \sqrt{n} . Esta medida é usada para estimar a *precisão*.

$$EP = \frac{s}{\sqrt{n}} \quad \text{B-4}$$

Desvio padrão amostral do total (s_{tot}): Muitas vezes há interesse em conhecer as propriedades estatísticas do total, em lugar de valor médio. O desvio padrão amostral do Total é definido como o produto da raiz quadrada do tamanho da amostra \sqrt{n} , pelo desvio padrão amostral:

$$s_{tot} = \sqrt{n} \cdot s \quad \text{B-5}$$

Coefficiente de Variação (cv): O coeficiente de variação é simplesmente o desvio padrão de uma distribuição expressa como uma percentagem da média. Por exemplo, o cv do total da amostra seria: $[S_{tot}] \div [\text{total da amostra}]$; o cv da média amostral seria o $[EP_{\bar{Y}}] \div [\text{média amostral}]$. A fórmula geral é:

$$cv = \frac{s}{\bar{Y}} \quad \text{B-6}$$

Precisão: A *precisão* é a medida da extensão *absoluta* ou *relativa* dentro da qual se espera que o valor verdadeiro ocorra com algum intervalo de *confiança* específico. O intervalo de

confiança refere-se à probabilidade de que a extensão citada contenha o parâmetro estimado.

Precisão absoluta é calculada a partir do *erro padrão* usando um valor “*t*” do Quadro B-1 da “distribuição *t*”:

$$t \times EP_{\bar{y}}$$

B-7

Tabela B.1
Tabela *t*

Graus de Liberdade GL	Nível de Confiança				Graus de Liberdade GL	Nível de Confiança			
	95%	90%	80%	50%		95%	90%	80%	50%
1	12,71	6,31	3,08	1,00	16	2,12	1,75	1,34	0,69
2	4,30	2,92	1,89	0,82	17	2,11	1,74	1,33	0,69
3	3,18	2,35	1,64	0,76	18	2,10	1,73	1,33	0,69
4	2,78	2,13	1,53	0,74	19	2,09	1,73	1,33	0,69
5	2,57	2,02	1,48	0,73	21	2,08	1,72	1,32	0,69
6	2,45	1,94	1,44	0,72	23	2,07	1,71	1,32	0,69
7	2,36	1,89	1,41	0,71	25	2,06	1,71	1,32	0,68
8	2,31	1,86	1,40	0,71	27	2,05	1,70	1,31	0,68
9	2,26	1,83	1,38	0,70	31	2,04	1,70	1,31	0,68
10	2,23	1,81	1,37	0,70	35	2,03	1,69	1,31	0,68
11	2,20	1,80	1,36	0,70	41	2,02	1,68	1,30	0,68
12	2,18	1,78	1,36	0,70	49	2,01	1,68	1,30	0,68
13	2,16	1,77	1,35	0,69	60	2,00	1,67	1,30	0,68
14	2,14	1,76	1,35	0,69	120	1,98	1,66	1,29	0,68
15	2,13	1,75	1,34	0,69	∞	1,96	1,64	1,28	0,67

Nota: Calcular o grau de liberdade (GL), da seguinte forma:

- GL = n-1 (para uma distribuição amostral)
- GL = n – p -1 (para um modelo de regressão)

Onde:

- n = tamanho da amostra
- p = quantidade de variáveis independentes no modelo de regressão

Em geral espera-se que o verdadeiro valor de qualquer estimativa estatística com determinado intervalo de *confiança* se situe na faixa definida por:

$$\text{Faixa} = \text{estimativa} \pm \text{precisão absoluta}$$

B-8

Onde a “estimativa” é o valor derivado empiricamente de um parâmetro de interesse (por exemplo, consumo total, número médio de unidades produzidas).

Precisão relativa é a *precisão absoluta* dividida pela estimativa:

$$\frac{t * EP}{\text{Estimativa}}$$

B-9

Ver um exemplo de utilização da *precisão relativa* no Apêndice A-3. Como exemplo de utilização destes termos, considerem-se os dados no Quadro B-2 de 12 leituras mensais de um medidor e a análise relativa da diferença entre cada leitura e a *média* das leituras (1.000):

	Leitura real	Diferenças calculadas da média	
		Desvio	Desvio ao quadrado
1	950	-50	2.500
2	1.090	90	8.100
3	850	-150	22.500
4	920	-80	6.400
5	1.120	120	14.400
6	820	-180	32.400
7	760	-240	57.600
8	1.210	210	44.100
9	1.040	40	1.600
10	930	-70	4.900
11	1.110	110	12.100
12	1.200	200	40.000
Total	12.000		246.600

Quadro B-2 Exemplo de dados e de análise

O valor *Médio* é: $\bar{Y} = \frac{\sum Y_i}{n} = \frac{12.000}{12} = 1.000$

A *Variância* (S^2) é: $S^2 = \frac{\sum (Y_i - \bar{Y})^2}{n - 1} = \frac{246.600}{12 - 1} = 22.418$

O *Desvio Padrão* (s) é: $s = \sqrt{S^2} = \sqrt{22.418} = 150$

O *Erro Padrão* é: $EP = \frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{150}{\sqrt{12}} = 43$

O Quadro B-1 mostra que “ t ” é 1,80 para 12 pontos de dados ($GL = 11$) e um intervalo de confiança de 90%. Portanto:

a *Precisão absoluta* é: $t \times EP = 1,8 \times 43 = 77$ e

a *Precisão relativa* é: $\frac{t \times EP}{estimativa} = \frac{77}{1.000} = 7,7\%$

Assim, há 90% de *confiança* de que o verdadeiro consumo mensal *médio* se situe na extensão entre 923 e 1.077 kWh. Pode-se dizer com 90% de *confiança* que o valor *médio* das 12 observações é de $1.000 \pm 7,7\%$. De forma idêntica poder-se-ia dizer que:

- com 95% de *confiança*, o valor *médio* das 12 observações é de $1.000 \pm 9,5\%$, ou
- com 80% de *confiança*, o valor *médio* das 12 observações é de $1.000 \pm 5,8\%$, ou
- com 50% de *confiança*, o valor *médio* das 12 observações é de $1.000 \pm 3,0\%$.

B-2 Modelagem

A modelagem matemática é utilizada na *M&V* para preparar o termo dos *ajustes de rotina* nas várias versões da Equação 1 no Capítulo 4. A modelagem implica encontrar uma relação matemática entre *variáveis* dependentes e *independentes*. A variável dependente, habitualmente a *energia*, é modelada como sendo regida por uma ou mais *variáveis independentes* X_i (também conhecidas como variáveis ‘explicativas’). Este tipo de modelagem é denominado *análise de regressão*.

Na *análise de regressão*, o modelo tenta “explicar” a variação da *energia* como resultante das variações nas *variáveis independentes* individuais (X_i). Por exemplo, se um dos X s representa o nível de produção, o modelo indicaria se a variação da *energia* da sua *média* é causada por alterações no nível de produção. O modelo quantifica a causalidade. Por exemplo, quando a produção aumenta por uma unidade, o consumo de energia aumenta por unidades “ b ”, onde “ b ” é denominado coeficiente de regressão.

Os modelos mais comuns são regressões lineares da forma:

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_pX_p + e$$

onde:

- Y é a variável dependente, habitualmente sob a forma de uso de *energia* durante um período de tempo específico (por exemplo, 30 dias, 1 semana, 1 dia, 1 hora, etc.);
- X_{it} ($i = 1, 2, 3, \dots, p$) representa as ‘ p ’, *variáveis independentes*, tais como o clima, a produção, a ocupação, a duração do período de medição, etc;
- b_i ($i = 0, 1, 2, \dots, p$) representa os coeficientes derivados para cada *variável independente*, e um coeficiente fixo (b_0) não relacionado com as *variáveis independentes*;
- e representa os erros residuais que permanecem inexplicados após a justificação do impacto das várias *variáveis independentes*. A *análise de regressão* encontra o conjunto dos valores b_i que tornam mínima a soma dos quadrados dos erros residuais (por esta razão os modelos de regressão são também chamados de modelos dos mínimos quadrados). Um exemplo do modelo acima descrito para o consumo de *energia* de um edifício é:

$$\text{consumo de energia mensal} = 342.000 + (63 \times GDA) + (103 \times GDR) + (222 \times \text{Ocupação})$$

GDA e GDR são *grau-dias* de aquecimento e refrigeração, respectivamente. A ocupação é uma medida da percentagem de ocupação no edifício. Neste modelo, 342.000 é uma estimativa da carga de base em kWh; 63 mede a alteração no consumo para um GDA adicional; 103 mede a alteração no consumo para um GDR; e 222 mede a alteração no consumo por 1% de variação na ocupação.

O Apêndice B-6 apresenta exemplo de relatório de uma *análise de regressão* para uma única *variável independente*, a partir de um *software* comum com planilha de cálculo.

B-2.1 Erros de modelagem

Quando se utilizam modelos de regressão, como o acima descrito, vários tipos de erro podem ser introduzidos:

1. O modelo está construído sobre valores que se encontram fora da largura de faixa provável das *variáveis* a serem utilizadas. Um modelo matemático apenas deve ser construído utilizando valores razoáveis das *variáveis dependentes* e *independentes*;
2. O modelo matemático pode não incluir *variáveis independentes* relevantes, introduzindo a possibilidade de relações enviesadas (viés omitido da variável);
3. O modelo pode incluir algumas *variáveis irrelevantes*;
4. O modelo pode utilizar uma forma funcional inadequada;
5. O modelo pode-se basear em dados insuficientes ou pouco representativos.

Cada um destes tipos de erros de modelagem será discutido mais abaixo.

B-2.1.1 Utilização de dados fora da faixa

Se o modelo for construído sobre dados não representativos do comportamento *energético* normal das instalações, então não será possível confiar nas previsões. Essa condição pode

conter a inclusão de valores discordantes (“outliers”) ou valores muito fora da faixa do razoável. Os dados devem ser examinados antes de serem utilizados na construção do modelo.

B-2.1.2 Omissão de variáveis relevantes

Na *M&V*, a *análise de regressão* é usada para explicar as alterações no uso de *energia*. A maioria dos sistemas usuários de *energia* complexos é afetada por inúmeras *variáveis independentes*. Os modelos de regressão podem não incluir todas as *variáveis independentes*. Mesmo que a inclusão fosse possível, o modelo seria demasiado complexo para ser útil e iria requerer atividades excessivas na obtenção de dados. A abordagem prática consiste em incluir apenas *variáveis independentes* que se estima terem impacto significativo na *energia*.

A omissão de uma *variável independente* relevante pode constituir um erro importante. O modelo de exemplo no Apêndice B-2 tenta explicar as variações no consumo mensal de energia usando várias variáveis *X*. Se uma *variável independente* relevante estiver faltando (por exemplo, GDA), o modelo poderá não explicar uma porção significativa da variação da *energia*. O modelo deficiente também vai atribuir alguma variação, devida à variável em falta, à variável ou variáveis que estão incluídas no modelo. O efeito será um modelo menos preciso.

Não existem indicações óbvias desse problema nos testes estatísticos padrão (exceto talvez um baixo R^2 , ver B-2.2.1 mais abaixo). A experiência e o conhecimento da engenharia do sistema cujo desempenho energético está sendo medido são aqui muito valiosos.

Pode haver casos em que se sabe existir relação com uma variável registrada durante o *período da linha de base*. No entanto, a variável não se encontra incluída no modelo, em virtude da falta de orçamento para continuar a reunir os dados no *período de determinação da economia*. Tal omissão de uma variável relevante deve ser anotada e justificada no *Plano de M&V*.

B-2.1.3 Inclusão de variáveis irrelevantes

Às vezes os modelos incluem *variáveis independentes* irrelevantes. Se a variável irrelevante não tiver relação (correlação) com as variantes relevantes incluídas, terá impacto mínimo no modelo. No entanto, se a variável irrelevante estiver correlacionada com outras variáveis relevantes no modelo, isto poderá enviesar os coeficientes das variáveis relevantes. Deve-se ter cuidado quando se acrescentarem mais *variáveis independentes* em uma *análise de regressão* apenas porque estas estão disponíveis. Avaliar a relevância das variáveis independentes requer experiência e intuição. No entanto, a *distribuição - t* associada (ver B-2.2.3 mais abaixo) é uma forma de confirmar a relevância de *variáveis independentes* particulares incluídas em um modelo. É necessária a experiência na análise de *energia* para o tipo de instalações envolvidas em qualquer programa de *M&V*, a fim de determinar a relevância das *variáveis independentes*.

B-2.1.4 Forma funcional

É possível modelar uma relação usando a forma funcional incorreta. Por exemplo, uma relação linear pode ser utilizada incorretamente na modelagem de uma relação física fundamentalmente não linear. Por exemplo, o consumo da eletricidade e a temperatura ambiente tendem a ter uma relação (muitas vezes em forma de ‘U’) não linear com a temperatura exterior durante o período de um ano, em edifícios aquecidos e refrigerados eletricamente (a utilização da eletricidade é alta para as temperaturas ambientes baixas e altas, enquanto relativamente baixa na meia-estação). Modelar essa relação não linear com um único modelo linear iria introduzir um erro desnecessário. Em vez disso, modelos lineares separados devem ser derivados para cada estação.

Também pode ser adequado tentar relações de ordem mais alta, por exemplo, $Y = f(X, X^2, X^3)$.

O modelador necessita avaliar diferentes formas funcionais, e selecionar a mais adequada entre estas usando as medidas de avaliação apresentadas no Apêndice B-2.2, mais abaixo.

B-2.1.5 Escassez de dados

Os erros também podem ocorrer em razão de dados insuficientes, quer em termos de quantidade (isto é, muito poucos pontos de dados), quer em termos de tempo (por exemplo, usar meses de verão no modelo, e tentar extrapolá-los para os meses de inverno). Os dados usados na modelagem devem ser representativos da faixa de operação das instalações. O período de tempo coberto pelo modelo precisa incluir as várias estações possíveis, os tipos de utilização, etc. Esse procedimento pode exigir o prolongamento dos períodos de tempo utilizados ou o aumento do tamanho das amostras.

B-2.2 Avaliação dos modelos de regressão

Para avaliar até que ponto um modelo particular de regressão explica a relação entre o consumo de *energia* e as *variáveis independentes*, podem ser realizados três testes, como os descritos mais abaixo. O Apêndice B-6 fornece a avaliação do exemplo de um modelo de regressão.

B-2.2.1 Coeficiente de determinação (R^2)

O primeiro passo para avaliar a exatidão de um modelo é examinar o coeficiente de determinação, R^2 – medida da extensão na qual os afastamentos da variável dependente Y do seu valor *médio* são explicados pelo modelo de regressão. Matematicamente, R^2 é:

$$R^2 = \frac{\text{variação explicada de } Y}{\text{variação total de } Y}$$

ou mais explicitamente:

$$R^2 = \frac{\sum (\hat{Y}_i - \bar{Y})^2}{\sum (Y_i - \bar{Y})^2} \quad \text{B-10}$$

onde:

- \hat{Y}_i = valor da energia calculada/ajustada pelo modelo para dado ponto usando o valor medido da *variável independente* (isto é, obtido inserindo os valores de X no modelo de regressão);
- \bar{Y} = *média* dos n valores de *energia* medida, encontrados usando a equação B-1;
- Y_i = valor de *energia* realmente observado (por exemplo, usando um medidor).

Todos os programas estatísticos e ferramentas de planilhas de *análise de regressão* calculam o valor de R^2 .

A faixa dos valores possíveis para R^2 é de 0,0 a 1,0. Um R^2 de 0,0 significa que nenhuma variação é explicada pelo modelo, portanto este modelo não fornece nenhuma orientação para a compreensão das variações em Y (isto é, as *variáveis independentes* selecionadas – X – não dão nenhuma explicação das causas das variações observadas em Y). De outro lado, um R^2 de 1,0 significa que o modelo explica 100% das variações em Y , (isto é, o modelo prevê Y com uma certeza total, para qualquer conjunto de valores dados das *variáveis independentes*). Nenhum destes valores limites de R^2 é provável com dados reais.

Geralmente, quanto maior o coeficiente de determinação, mais bem o modelo descreve a relação entre as *variáveis independentes* e a variável dependente. Embora não haja

nenhuma norma universal para um valor mínimo R^2 aceitável, 0,75 é frequentemente considerado indicador razoável de uma boa relação causal entre a *energia* e as *variáveis independentes*.

O teste R^2 deve apenas ser usado como verificação inicial. Os modelos não devem ser rejeitados ou aceitos somente na base de R^2 . Finalmente, um R^2 baixo é indicação de que algumas variáveis relevantes não estão incluídas, ou a forma funcional do modelo (por exemplo, linear) não é adequada. Nesta situação seria lógico considerar *variáveis independentes* adicionais ou uma forma funcional diferente.

B-2.2.2 Erro padrão da estimativa

Quando um modelo é usado para prever um valor de *energia* (Y) para as *variáveis independentes* dadas, a exatidão da previsão é medida pelo *erro padrão da estimativa* ($EP_{\hat{Y}}$). Esta medida de exatidão é fornecida por todos os programas de regressão padrão e por planilhas .

Uma vez inseridos os valores das *variáveis independentes* no modelo de regressão a fim de estimar um valor de *energia* (\hat{Y}), uma aproximação da faixa de valores possíveis para \hat{Y} pode ser calculada usando a equação B- 8 como se mostra:

$$\hat{Y} \pm t \times EP_{\hat{Y}}$$

onde:

- \hat{Y} é o valor ajustado de *energia* (Y) do modelo de regressão;
- t é o valor obtido a partir da distribuição t (ver Quadro B-1 acima);
- $EP_{\hat{Y}}$ é o *erro padrão da estimativa* (previsão). É calculado como se mostra:

$$EP_{\hat{Y}} = \sqrt{\frac{\sum (\hat{Y}_i - Y_i)^2}{n - p - 1}} \quad \text{B- 11}$$

onde p é o número de *variáveis independentes* na equação de regressão.

Esta estatística é muitas vezes referida como erro médio quadrático (*EMQ*).

Dividindo o *EMQ* pelo uso médio de *energia* , obtém-se o coeficiente de variação do *EMQ* ou o *CV(EMQ)*.

$$CV(EMQ) = \frac{EP_{\hat{Y}}}{\bar{Y}} \quad \text{B- 12}$$

Uma medida semelhante é o erro médio sistemático (*EMS*) definido como a seguir:

$$EMS = \frac{\sum (\hat{Y}_i - Y_i)}{n} \quad \text{B- 13}$$

O *EMS* é bom indicador da tendência global na estimativa de regressão. Um *EMS* positivo indica o fato de que as estimativas da regressão tendem a exagerar os valores reais. A tendência positiva global pode cancelar a tendência negativa. O *EMQ* não sofre deste problema de cancelamento.

Todas as três medidas podem ser utilizadas na avaliação da calibração dos modelos de simulação na Opção D.

B-2.2.3 Distribuição-t

Uma vez que os coeficientes do modelo de regressão (b_k) são estimativas estatísticas da verdadeira relação entre uma variável individual X e um Y , estão sujeitos à variação. A exatidão da estimativa é medida pelo *erro padrão do coeficiente* e pelo valor associado da *distribuição-t*. Uma *distribuição-t* é um teste estatístico para determinar se uma estimativa tem importância estatística. Uma vez estimado um valor usando o teste, este valor pode ser comparado a *valores-t críticos* de um *quadro-t* (Quadro B-1).

O *erro padrão de cada coeficiente* é calculado por um *software* de regressão. A seguinte equação aplica-se para o caso de uma variável independente:

$$EP_b = \sqrt{\frac{\sum (Y_i - \hat{Y})^2 / (n - 2)}{\sum (X_i - \bar{X})^2}} \quad \text{B-14}$$

Para casos com mais do que uma *variável independente*, a equação fornece uma aproximação razoável quando estas são verdadeiramente independentes (isto é, não correlacionadas). Caso contrário, a equação torna-se muito complexa, e o analista da *M&V* estará mais bem servido se usar um pacote de programas para calcular os *erros padrão* dos coeficientes.

A faixa dentro da qual se encontra o verdadeiro valor do coeficiente, b , é calculada usando a equação B- 8, como se mostra:

$$b \pm t \times EP_b$$

O *erro padrão do coeficiente*, b , também leva ao cálculo da *distribuição-t*. Este teste determina definitivamente se o coeficiente calculado é estatisticamente significativo. A *distribuição-t* é calculada por todo *software* estatístico usando a seguinte equação:

$$\text{distribuição } t = \frac{b}{EP_b} \quad \text{B-15}$$

Uma vez calculada a *distribuição-t*, esta pode ser comparada com valores críticos t do Quadro B-1. Se o valor absoluto da *distribuição-t* ultrapassar o número apropriado do Quadro B-1, então será preciso concluir que a estimativa é estatisticamente válida.

Um método empírico declara que o valor absoluto de um resultado de *distribuição-t* de 2 ou mais implica o fato de que o coeficiente estimado seja significativo em relação ao seu *erro padrão*, e por conseguinte existe uma relação entre Y e o X particular relacionado com o coeficiente. Pode-se então concluir que o b estimado não é zero. No entanto, em uma *distribuição-t* de cerca de 2, a *precisão* no valor do coeficiente é de cerca de $\pm 100\%$: não é um grande voto de confiança no valor de b . Para obter melhor precisão de digamos $\pm 10\%$, os valores da *distribuição-t* devem se situar por volta de 20, ou o *erro padrão* de b não pode ser mais de 0,1 do próprio b .

Para melhorar o resultado da *distribuição-t*:

- selecionar *variáveis independentes* com a relação mais forte à *energia*;
- selecionar *variáveis independentes* cujos valores se coloquem dentro da faixa mais larga possível (se X não varia nada no modelo de regressão, b não pode ser estimado e a *distribuição-t* será fraca);
- obter e usar mais dados para desenvolver o modelo; ou;
- selecionar uma forma funcional diferente para o modelo; por exemplo, uma forma que determine separadamente os coeficientes para cada estação em um edifício afetado significativamente pelas alterações sazonais do clima.

B-3 Amostragem

A amostragem cria erros, porque nem todas as unidades em estudo são medidas. A situação de amostragem mais simples é a de selecionar aleatoriamente n unidades de uma população total de N unidades. Cada unidade tem a mesma probabilidade (n/N) de ser incluída em uma amostra aleatória.

Geralmente, o *erro padrão* é proporcionalmente inverso a \sqrt{n} . Ou seja, aumentar o tamanho da amostra por um fator “ f ” reduzirá o *erro padrão* (melhorar a precisão da estimativa) por um fator de \sqrt{f} .

B-3.1 Determinação do tamanho da amostra

Pode-se minimizar o erro de amostragem aumentando a fração da população retirada como amostra (n/N). Aumentar o tamanho da amostra implica obviamente o aumento do custo.

Várias questões são críticas na otimização dos tamanhos da amostra.

Os seguintes passos devem ser seguidos para estabelecer o tamanho da amostra:

1. **Selecionar uma população homogênea.** Para que a amostragem tenha um custo compensador as unidades medidas devem ser iguais às de toda a população. Se houver dois tipos diferentes de unidades na população, estas deverão ser agrupadas, e a amostra deverá ser feita separadamente. Por exemplo, ao conceber um programa de amostragem para medir os períodos de funcionamento da iluminação de uma divisão controlada por sensores de presença, a amostra das divisões ocupadas mais ou menos continuamente (por exemplo, escritórios com várias pessoas) deve ser separada da amostra das divisões apenas ocupadas ocasionalmente (por exemplo, salas de reunião);
2. **Determinar os níveis desejados de precisão e de confiança** para a estimativa (por exemplo, horas de utilização) a ser reportada. A *precisão* refere-se ao limite do erro em torno da verdadeira estimativa (ou seja, extensão de $\pm x\%$ em torno da estimativa). Uma *precisão* mais elevada requer uma amostra maior. A *confiança* refere-se à probabilidade de que a estimativa se encontre dentro dos limites da faixa da *precisão* (ou seja, a probabilidade de que a estimativa se encontre efetivamente dentro dos limites da faixa de $\pm x\%$ definida pela declaração de *precisão*). Uma probabilidade mais elevada também requer amostras maiores. Por exemplo, quando se quiser uma *confiança* de 90% e uma *precisão* de $\pm 10\%$, isso vai significar que a faixa definida para a estimativa ($\pm 10\%$) vai conter o verdadeiro valor para o grupo inteiro (que não é observado), com uma probabilidade de 90%. Como exemplo, ao estimar as horas de iluminação em uma *instalação*, decidiu-se utilizar a amostragem, por ser demasiado dispendioso medir as horas de funcionamento de todos os circuitos de iluminação. A medição de uma amostra dos circuitos forneceu uma estimativa das verdadeiras horas de funcionamento. Para ir ao encontro de um critério de incerteza de 90/10 (*confiança* e *precisão*) o tamanho da amostra é determinado de modo que, uma vez estimadas as horas de funcionamento por amostragem, a extensão da estimativa da amostra ($\pm 10\%$) tenha uma probabilidade de 90% de conter as verdadeiras horas de utilização.

A abordagem convencional consiste em conceber a amostragem para obter um intervalo de *confiança* de 90% e uma *precisão* de $\pm 10\%$. No entanto, o *Plano de M&V* precisa ter em consideração os limites criados pelo orçamento (ver seção 8.5).

Melhorar a *precisão* de digamos $\pm 20\%$ para $\pm 10\%$ aumentará o tamanho da amostra em 4 vezes, ao passo que melhorá-la para $\pm 2\%$ aumentará o tamanho da amostra em 100 vezes (resultado de o erro de amostragem ser proporcionalmente inverso a \sqrt{n}).

Selecionar os critérios de amostragem adequados exige o equilíbrio dos requerimentos de precisão com os custos de *M&V*:

3. **Decidir o nível de desagregação.** Estabelecer se os critérios do intervalo de *confiança* e de *precisão* devem ser aplicados à medição de todos os componentes ou a vários subgrupos de componentes. Ver Apêndice B-5.2. Rever os critérios de *precisão* e *confiança* escolhidos em 2;
4. **Calcular o tamanho da amostra inicial.** Baseando-se na informação acima, uma estimativa inicial do tamanho da amostra global pode ser determinada usando a seguinte equação:

$$n_0 = \frac{z^2 * cv^2}{e^2} \quad \text{B- 16}$$

onde:

- n_0 é a estimativa inicial do tamanho da amostra requerido, antes de começar a amostragem;
- cv é o *coeficiente de variância*, definido como o desvio padrão das leituras dividido pela média. Até que a *média* real e o *desvio padrão* da população possam ser estimados a partir de amostra reais, 0,5 poderá ser usado como estimativa inicial para o cv ;
- e é o nível desejado de *precisão*;
- z é o valor padrão de distribuição normal do Quadro B-1 acima, com um número infinito de leituras e para o intervalo de *confiança* desejado. Por exemplo z é 1,96 para um intervalo de *confiança* de 95% (1,64 para 90%; 1,28 para 80%; e 0,67 para 50% de *confiança*).

Por exemplo, para 90% de *confiança* com 10% de *precisão* e um cv de 0,5, a estimativa inicial do tamanho da amostra requerido (n_0) é:

$$n_0 = \frac{1,64^2 \times 0,5^2}{0,1^2} = 67$$

Em alguns casos (por exemplo, medição das horas de iluminação ou utilização), pode ser desejável conduzir inicialmente uma pequena amostra com o único objetivo de estimar um valor do cv para ajudar a planejar o programa de amostragem. Além disso, valores de trabalho anterior de *M&V* podem ser usados como estimativas iniciais adequadas de cv ;

5. **Ajustar a estimativa inicial do tamanho da amostra para pequenas populações.** O tamanho da amostra necessário poderá ser reduzido, se toda a população a ser sujeita a amostragem não for 20 vezes maior do que o tamanho da amostra. Para exemplo inicial do tamanho da amostra indicado acima, ($n_0 = 67$), se a população (N) a partir da qual está sendo retirada a amostra for apenas 200, a população vai ser apenas 3 vezes o tamanho da amostra. Por conseguinte, o “ajuste de população finita” pode ser aplicado. Este ajuste reduz o tamanho da amostra (n) da seguinte forma:

$$n = \frac{n_0 N}{n_0 + N} \quad \text{B- 17}$$

A aplicação deste ajuste de população finita ao exemplo acima descrito reduz o tamanho da amostra (n) necessário para obedecer ao critério de 90% \pm 10% a 50. Ver exemplo de utilização deste ajuste no Apêndice A-3-1;

6. **Finalizar o tamanho da amostra.** Uma vez que o tamanho inicial da amostra (n_0) é determinado usando um cv suposto, é crucial lembrar-se de que o cv real da população a ser sujeita à amostragem pode ser diferente. Por conseguinte, um tamanho de amostra real diferente pode ser necessário para obedecer ao critério de *precisão*. Se o cv real se revelar inferior à suposição inicial no passo 4, o tamanho necessário da

amostra terá sido desnecessariamente grande demais para atingir os objetivos de *precisão*. Se o *cv* real se revelar maior do que o suposto, o objetivo de *precisão* não será atingido, a menos que se aumente o tamanho da amostra para além do valor calculado pelas Equações B- 16 e B- 17..

À medida que a amostragem continua, a *média* e o *desvio padrão* das leituras devem ser calculados. O *cv* real e o tamanho da amostra necessários (Equações B- 16 e B- 17) devem ser novamente calculados. Refazer estes cálculos pode permitir uma redução antecipada do processo de amostragem. Pode também levar à necessidade de realizar mais amostragens do que o originalmente planejado. Para manter os custos de *M&V* dentro do orçamento, pode ser apropriado estabelecer um tamanho de amostra máximo. Se este máximo for realmente alcançado após os novos cálculos mencionados acima, os relatórios de *economia* deverão registrar a *precisão* real obtida pela amostragem.

B-4 Medição

As quantidades de *energia* e as *variáveis independentes* são muitas vezes medidas, como parte de um programa de *M&V*, usando medidores. Nenhum medidor é 100% exato, embora medidores mais sofisticados possam aumentar sua exatidão para perto dos 100%. A exatidão dos medidores selecionados é publicada pelo seu fabricante, a partir de testes laboratoriais. Uma escala adequada do medidor, para a faixa de quantidades possíveis a serem medidas, garante que os dados recolhidos estarão inseridos dentro de limites de erro (ou *precisão*) conhecidos e aceitáveis.

Os fabricantes avaliam tipicamente a *precisão*, seja como uma fração da leitura corrente, seja como uma fração da leitura máxima na escala do medidor. Neste último caso, é importante considerar onde se inserem as leituras típicas na escala do medidor antes de calcular a *precisão* de leituras típicas. A capacidade excessiva de medidores cuja *precisão* é estabelecida em relação à leitura máxima reduzirá significativamente a *precisão* da medição real.

As leituras de muitos sistemas de medidores vão sofrer um 'desvio' ao longo do tempo, em virtude do desgaste mecânico. Para haver ajuste deste desvio, é necessária uma recalibração periódica em conformidade com a norma em vigor. É importante manter a *precisão* dos medidores no local através de manutenção de rotina e de calibração, em conformidade com as normas em vigor.

Para além da exatidão do próprio elemento do medidor, outros efeitos possivelmente desconhecidos podem reduzir a *precisão* do sistema de medição:

- má colocação do medidor, levando a que este não forneça uma 'visão' representativa da quantidade que se pretende medir (por exemplo, as leituras de um medidor de fluxo de um fluido são afetadas pela proximidade de um cotovelo na tubulação);
- erros de telemetria dos dados, que cortam aleatória ou sistematicamente os dados do medidor.

Como resultado de tais erros de medição inquantificáveis, é importante compreender que a *precisão* citada pelo fabricante exagera provavelmente a *precisão* das leituras reais no local. No entanto, não há forma de quantificar esses outros efeitos.

As declarações de *precisão* do fabricante devem estar em conformidade com a norma industrial adequada ao seu produto. Deve-se ter cuidado ao determinar o intervalo de *confiança* usado para citar a *precisão* de um medidor. A menos que seja declarado o contrário, a *confiança* deverá ser de 95%.

Quando uma única medição é usada no cálculo da *economia*, em lugar da *média* de várias medições, os métodos do Apêndice B-5 são usados para combinar as incertezas de vários componentes. O *erro padrão* do valor medido é:

$$EP = \frac{\text{precisão relativa do medidor} \times \text{valor medido}}{t}$$

B- 18

Onde t se baseia na amostragem maior feita pelo fabricante do medidor quando desenvolve sua declaração de precisão relativa. Por conseguinte, o valor do Quadro B-1 de t deve ser para tamanhos de amostras infinitas.

Quando se fizerem leituras múltiplas com um medidor, os valores observados contêm tanto erros, quanto variações do medidor no fenômeno a ser medido. A *média* das leituras contém também ambos os efeitos. O *erro padrão* do valor *médio* estimado das medições é encontrado usando a equação B-4.

As seções 4.8.3 e 8.11 abordam preferencialmente a medição e fornecem referências de outras leituras úteis sobre este tema.

B-5 Combinação dos componentes de incerteza

Tanto os componentes de medição quanto os de ajuste na Equação 1 do Capítulo 4 podem introduzir a incerteza ao reportar a *economia*. As incertezas nos componentes individuais podem ser combinadas de modo que permitam declarações globais da incerteza da *economia*. Essa combinação pode ser realizada expressando-se a incerteza de cada componente em termos do seu *erro padrão*.

Os componentes devem ser independentes para usar os seguintes métodos de combinar incertezas. A independência significa que quaisquer erros aleatórios que afetem um dos componentes não estão relacionados com os erros que afetam os outros componentes:

- Se a *economia* reportada for a soma ou a diferença de vários componentes determinados independentemente (C) (isto é, $Economia = C_1 \pm C_2 \pm \dots \pm C_p$), o *erro padrão* da economia reportada poderá ser estimado por:

$$EP(Economia) = \sqrt{EP(C_1)^2 + EP(C_2)^2 + \dots + EP(C_p)^2} \quad \text{B- 19}$$

Por exemplo, se a *economia* for calculada usando a Equação 1b) do Capítulo 4 como a diferença entre o *período da linha de base ajustado* e o *período de determinação da economia (PDE)* medido, o *erro padrão* da diferença (*economia*) será calculado como:

$$EP(Economia) = \sqrt{EP(\text{linha de base ajustada})^2 + EP(PDE)^2}$$

O $EP(\text{linha de base ajustada})$ vem do *erro padrão* da estimativa derivada da Equação B-11. O $EP(\text{consumo do 'período de determinação da economia das AEEs'})$ provém da exatidão do medidor usando a Equação B- 18.

- Se a estimativa reportada da *economia* for o produto de vários componentes determinados independentemente (C_i) (isto é, $Economia = C_1 * C_2 * \dots * C_p$), o *erro padrão* relativo da *economia* será dado aproximadamente por:

$$\frac{EP(Economia)}{Economia} \approx \sqrt{\left(\frac{EP(C_1)}{C_1}\right)^2 + \left(\frac{EP(C_2)}{C_2}\right)^2 + \dots + \left(\frac{EP(C_p)}{C_p}\right)^2} \quad \text{B - 20}$$

Um bom exemplo desta situação é a determinação da *economia* da iluminação como:

$$\text{Economia} = \Delta \text{ Watt x Horas}$$

Se o *Plano de M&V* necessitar da medição das horas de utilização, então “Horas” será um valor com um *erro padrão*. Se o *Plano de M&V* também incluir a medição na alteração da potência, então ΔWatts também será um valor com um *erro padrão*. O *erro padrão* relativo da *economia* será calculado usando a fórmula acima da seguinte forma:

$$\frac{EP(Economia)}{Economia} = \sqrt{\left(\frac{EP(\Delta\text{Watt})}{\Delta\text{Watt}}\right)^2 + \left(\frac{EP(\text{Horas})}{\text{Horas}}\right)^2}$$

Quando os resultados de economia são somados e todos eles têm o mesmo *Erro Padrão*, as equações B-5 ou B-19 podem ser usadas para determinar o Erro Padrão Total informado

$$\begin{aligned} EP \text{ Total } (Economia) &= \\ &= \sqrt{EP(economia_1)^2 + EP(economia_2)^2 + \dots + EP(economia_N)^2} \\ &= \sqrt{N} \times EP(economia) \end{aligned}$$

Onde N é o número de resultados da *economia*, com o mesmo *Erro Padrão*, adicionados juntos.

Uma vez determinado o *erro padrão* da *economia* a partir dos procedimentos descritos acima, será possível tirar conclusões adequadas acerca da quantidade relativa de incerteza inerente à *economia*, usando a função de distribuição normal da Figura B-1 ou os dados no Quadro B-1. Por exemplo, podem-se calcular três valores:

1. A *precisão absoluta* ou *relativa* da *economia* total, para dado intervalo de *confiança* (por exemplo, 90%), é calculada usando o valor relevante de t do Quadro B-1 e a Equação B-7 ou B-9, respectivamente;
2. *Erro Provável (EP)*, definido como uma faixa de *confiança* de 50%. O *Erro Provável* representa a quantidade de erro mais provável. Quer dizer, é igualmente provável que o erro seja maior ou menor do que o *EP*. (ASHRAE, 1997). O Quadro B-1 mostra que o intervalo de *confiança* de 50% é atingido a $t = 0,67$ para tamanhos de amostras maiores do que 120, ou $0,67$ *erros padrão* do valor *médio*. Assim, a gama do *erro provável* na *economia* reportada usando a Equação B-8 é $\pm 0,67 \times EP (Economia)$.
3. O limite de *confiança* de 90% (*LC*), definido como a faixa onde se tem 90% de certeza de que os efeitos aleatórios não produziram a diferença observada. Do Quadro B-1 usando a Equação B-8, o *LC* é $\pm 1,64 \times EP (Economia)$ para tamanhos de amostras maiores do que 120.

B-5.1 Avaliação das interações dos múltiplos componentes da incerteza

As Equações B-19 e B-20 para combinar componentes de incerteza podem ser usadas para estimar como os erros em uma componente afetarão a exatidão do relatório global da *economia*. Os recursos de *M&V* podem então ser concebidos de modo que se reduza de forma rentável o erro na *economia* reportada. Tais considerações de concepção levariam em conta os custos e os efeitos na *precisão* da *economia* de possíveis melhoramentos na *precisão* de cada componente.

As aplicações de *software* destinadas a ferramentas comuns de planilhas de cálculo permitem a fácil avaliação do erro sistemático associado à combinação das múltiplas componentes de incerteza, usando as técnicas de Monte Carlo. A análise de Monte Carlo permite a avaliação de múltiplos cenários “e se”, revelando a gama de resultados possíveis, sua probabilidade de ocorrência, e a componente que tem maior efeito no rendimento final. Tal análise identifica onde os recursos necessitam ser aplicados para controlar o erro.

Uma simples ilustração da análise “e se” é apresentada mais abaixo, para a AEE de um sistema de iluminação. Um aparelho de iluminação nominal de 96 W é substituído por um

aparelho nominal de 64 W. Se o aparelho funcionar durante 10 horas por dia, a *economia* anual será calculada da seguinte forma:

$$Economia\ Anual = \frac{(96 - 64) \times 10 \times 365}{1.000} = 117\text{ kWh}$$

A nova potência do aparelho de iluminação de 64 W é consistente, e facilmente medida com exatidão. No entanto, existem muitas variações entre as potências do velho aparelho e entre as horas de utilização em diferentes locais. As potências do velho aparelho de iluminação e as horas de utilização não são facilmente medidas com certeza. Por conseguinte, a *economia* também não será conhecida com certeza. O desafio da concepção da *M&V* está em determinar o impacto na *economia* reportada, se a medição de uma ou outra destas incertas quantidades estiver errada por quantidades plausíveis.

A Figura B2 mostra uma análise de sensibilidade da *economia* para os dois parâmetros, a potência do velho aparelho, e as horas de utilização. Cada um dos parâmetros variou até 30%, e o impacto na *economia* é demonstrado. Pode-se constatar que a *economia* é significativamente mais sensível à variação da potência do velho aparelho, do que às horas de utilização. Um erro de potência de 30% produz um erro de *economia* de 90%, enquanto um erro de 30% nas horas de funcionamento produz apenas um erro de *economia* de 30%.

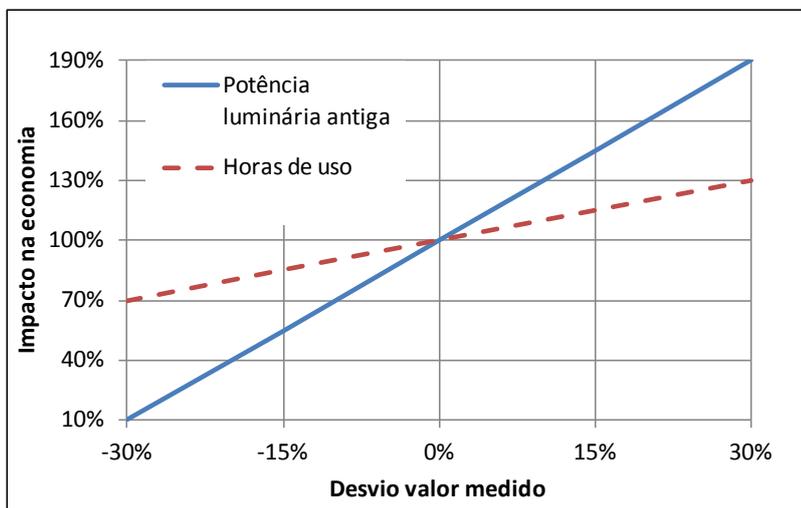


Figura B-2.

Exemplo da Análise de sensibilidade – Economia na iluminação

Se o método de *M&V* proposto produzir leituras da potência do velho aparelho de iluminação com uma faixa de incerteza de $\pm 5\%$, a faixa de incerteza da *economia* de eletricidade será de $\pm 15\%$. Por outras palavras, se a potência do velho aparelho se situasse entre 91 e 101 watts, a *economia* poderia ser entre 99 e 135 kWh anualmente. A faixa de incerteza na *economia* é 36 kWh (135 - 99). Se o valor marginal de eletricidade for de 10 cents por kWh, a faixa de incerteza será de cerca de \$3,60 anualmente. Se a potência do velho aparelho pudesse ser estimada com maior *precisão* por significativamente menos de \$3,60, poderia valer a pena aumentar os esforços de medição, dependendo do número de anos de *economia* a ser considerado.

A Figura B2 mostra que o termo horas de utilização tem menos impacto na *economia* final, neste exemplo (a linha de horas de utilização é mais horizontal, indicando sensibilidade mais baixa). É plausível que o erro na medição das horas de funcionamento seja de $\pm 20\%$, por isso a faixa de incerteza da *economia* de energia será também de $\pm 20\%$ ou ± 23 kWh (= 20% de 117 kWh). A faixa na *economia* é de cerca de 46 kWh (= 2 x 23 kWh), de um valor de \$4,60 por ano. Novamente poderá ser justificado o aumento da exatidão na medição das horas de utilização, se esse procedimento for feito por significativamente menos do que \$4,60, dependendo do número de anos de *economia* a ser considerado.

A faixa de erros possíveis de *economia*, proveniente de erros de medição das horas de funcionamento (46 kWh), é maior do que a proveniente do erro de medição da energia do velho aparelho (36 kWh). Trata-se do efeito oposto ao que se poderia esperar com base na maior sensibilidade da *economia* à potência, do que às horas de utilização, como visto na Figura B2. Essa diferença surge porque o erro plausível de medição das horas de funcionamento ($\pm 20\%$) é muito maior do que o erro plausível da medição de energia do velho aparelho de iluminação ($\pm 5\%$).

Uma análise de sensibilidade como a acima apresentada pode assumir várias formas. O simples exemplo anterior foi usado para mostrar os princípios. A simulação de Monte Carlo permite a consideração complexa de muitos parâmetros diferentes, tornando possível à concepção da *M&V* focalizar-se nas despesas onde estas são mais necessárias para melhorar a exatidão global dos relatórios de *economia*.

B-5.2 Estabelecimento de objetivos para a incerteza quantificável da *economia*

Como discutido no Apêndice B-1, nem todas as incertezas podem ser quantificáveis. No entanto, aquelas que permitem ser quantificáveis fornecem orientação no planejamento da *M&V*. Ao considerar o custo de *M&V* de várias abordagens opcionais à incerteza, o programa de *M&V* pode produzir o tipo de informação aceitável para todos os leitores do relatório de *economia*, incluindo aqueles que têm de pagar pelos relatórios de *M&V*. Finalmente, qualquer *Plano de M&V* deve reportar o nível esperado de incerteza quantificável (ver Capítulo 5).

A determinação da *economia de energia* requer que se estime a diferença entre os níveis de *energia*, em lugar de medir simplesmente o próprio nível de *energia*. Geralmente, calcular uma diferença para que esta esteja adequada ao critério de *precisão relativa* do objetivo requer que a *precisão absoluta* nas medições dos componentes seja melhor do que a *precisão absoluta* requerida da diferença. Por exemplo, supondo que a carga média é de cerca de 500 kW, e a *economia* antecipada é de cerca de 100 kW, o erro de $\pm 10\%$ com um critério de *confiança* de 90% ("90/10") pode ser aplicado de duas formas:

- se for aplicado às medições de carga, a *precisão absoluta* deverá ser de 50 kW (10% de 500 kW), com uma *confiança* de 90%;
- se for aplicado à *economia* reportada, a *precisão absoluta* na *economia* deverá ser de 10 kW (10% de 100 kW), no mesmo intervalo de *confiança* de 90%. Para obter esta *precisão absoluta na economia reportada* de 10 kW são necessárias *precisões absolutas* de 7 kW na medição dos componentes (usando a Equação B- 19, se ambos os componentes exigirem a mesma *precisão*).

Claramente, a aplicação do critério de *confiança/precisão* 90/10 à *economia* requer muito mais *precisão* na medição da carga do que um requerimento de 90/10 para a própria carga.

O critério da *precisão* pode ser aplicado não só à *economia de energia*, mas também a parâmetros que determinam a *economia*. Por exemplo, suponhamos que o valor da *economia* é o produto do número (*N*) de unidades, de horas (*H*) de funcionamento e de variação (*C*) em *watts*: $Economia = N \times H \times C$. O critério de 90/10 podia ser aplicado separadamente a cada um destes parâmetros. No entanto, obter uma *precisão* de 90/10 para cada um destes parâmetros separadamente não implica que 90/10 seja obtido para a *economia* – parâmetro de principal interesse. De fato, usando a Equação B-15, a *precisão* com 90% de *confiança* para a *economia* seria apenas de $\pm 17\%$. De outro lado, supondo-se que o número de unidades e a alteração em *watt* são conhecidos sem erro, uma *precisão* de 90/10 para as horas implica uma *precisão* de 90/10 para a *economia*.

A norma de *precisão* pode ser imposta em vários níveis. A escolha do nível de desagregação afeta dramaticamente a concepção da *M&V* e os custos associados. Geralmente, as necessidades mínimas na obtenção de dados aumentam, se as necessidades mínimas de *precisão* são impostas a cada componente. Se o objetivo

principal for o de controlar a *precisão* da *economia* para um projeto como um todo, não será necessário impor a mesma necessidade mínima de *precisão* a cada componente.

B-6 Exemplo de uma análise de incerteza

Para ilustrar a utilização de várias ferramentas estatísticas para a análise da incerteza, a Tabela B-3 mostra um exemplo de resultados em uma planilha de cálculo do modelo de regressão. Trata-se da regressão utilizando-se os valores de 12 meses de consumo de um edifício, e os *graus-dia* de refrigeração (GDR) durante o período de um ano. Este é apenas o resultado parcial da planilha. Os valores específicos de interesse estão realçados em itálico:

SUMÁRIO DOS RESULTADOS

Estatísticas de regressão					
R Múltiplo	0,97				
<i>R²</i>	0,93				
R ² ajustado	0,92				
<i>Erro padrão</i>	367,50				
Observações	12,00				
	<i>Coeficientes</i>	<i>Erro padrão</i>	<i>Dist t</i>	95% inferior	95% superior
<i>Intercepção</i>	5.634,15	151,96	37,08	5.295,56	5.972,74
<i>GDR</i>	7,94	0,68	11,64	6,42	9,45

Tabela B-3
Exemplo dos resultados numa planilha da análise de regressão

Em relação a um consumo da linha de base de 12 meses em kWh e os respectivos GDR, o modelo de regressão derivado é:

$$\text{Consumo de eletricidade mensal} = 5.634,15 + (7,94 \times \text{GDR})$$

O coeficiente de determinação, *R²*, (denominado “coeficiente de determinação” no Quadro B-3) é bastante alto em 0,93, indicando que 93% da variação nos 12 pontos de dados de energia é explicado pelo modelo usando dados de GDR. Este fato implica uma forte relação, e informa que o modelo pode ser usado para estimar os termos de ajuste na forma relevante da Equação 1 no Capítulo 4.

O coeficiente estimado de 7,94 kWh por GDR apresenta um *erro padrão* de 0,68. Esse EP leva a uma *distribuição-t* (denominada “dist T” no Quadro B-3) de 11,64. Esta *distribuição-t* é então comparada ao valor crítico adequado de *t* no Quadro B-1 (*t* = 2,2 para 12 pontos de dados e uma *confiança* de 95%). Porque 11,64 ultrapassa 2,2, o GDR é uma *variável independente* altamente significativa. A planilha de cálculo também mostra que a faixa para o coeficiente a um intervalo de *confiança* de 95% é de 6,42 a 9,45, implicando uma *precisão relativa* de ±19% (= (7,94 – 6,42) / 7,94). Por outras palavras, tem-se uma *confiança* de 95% de que cada GDR adicional aumente o consumo de kWh entre 6,42 e 9,45 kWh.

O *erro padrão da estimativa* usando a fórmula de regressão é de 367,5. Os GDRs médios por mês são de 162 (não mostrado no resultado). Para prever qual teria sido o consumo elétrico sob condições médias de refrigeração, por exemplo, este valor GDR é inserido no modelo de regressão:

$$\begin{aligned} \text{Consumo previsto} &= 5.634 + (7,94 \times 162) \\ &= 6.920 \text{ kWh por grau-dia de refrigeração médio mensal} \end{aligned}$$

Usando um valor-*t* do Quadro B-1 de 2,2, para 12 dados e um intervalo de *confiança* de 95%, a faixa de previsões possíveis é:

Faixa de previsões = $6.920 \pm (2,2 \times 367,5) = 6.112$ a 7.729 kWh.

A *precisão absoluta* é de cerca de ± 809 kWh ($= 2,2 \times 367,5$), e a *precisão relativa* é $\pm 12\%$ ($= 809 / 6.920$). O valor descrito na planilha de cálculo para o *erro padrão da estimativa* forneceu a informação necessária para calcular a *precisão relativa* prevista quando da utilização do modelo de regressão para qualquer período de um mês, neste caso 12% .

Se o consumo no período de determinação da economia foi de 4.300 kWh, a *economia* calculada usando a Equação 1b) do Capítulo 4 será:

$$\text{Economia} = 6.920 - 4.300 = 2.620 \text{ kWh}$$

Uma vez que o medidor da concessionária foi usado para obter o valor da eletricidade no período de determinação da economia, os seus valores reportados podem ser tratados como sendo 100% exatos ($EP = 0\%$), porque o medidor da concessionária define os montantes pagos, independentemente do erro do medidor. O EP da *economia* será:

$$\begin{aligned} EP(\text{economia Mensal}) &= \sqrt{EP(\text{refer. ajustada})^2 + EP(\text{cons. noPDE})^2} \\ &= \sqrt{367,5^2 + 0^2} = 367,5 \end{aligned}$$

Usando um t de $2,2$, a faixa da *economia* mensal possível é:

$$\begin{aligned} \text{Faixa de economia} &= 2.620 \pm (2,2 \times 367,5) \\ &= 2.620 \pm 810 = 1.810 \text{ a } 3.430 \end{aligned}$$

Para determinar a *precisão* do total anual da *economia* mensal, presume-se que o *erro padrão* da *economia* de cada mês será o mesmo. A *economia* anual reportada apresenta então um *erro padrão* de:

$$EP(\text{economia anual}) = \sqrt{12 \times 367,5^2} = 1.273 \text{ kWh}$$

Uma vez que t deriva do modelo do *período da linha de base*, permanece no valor $2,2$ usado acima. Por conseguinte, a *precisão absoluta* na *economia* anual é de $2,2 \times 1.273 = 2.801$ kWh.

Presumindo *economias* mensais equivalentes a 2.620 kWh, a *economia* anual é de 31.440 kWh, e a *precisão relativa* do relatório de *economia* anual é de 9% ($= (2.801 / 31.440) \times 100$)

Este Apêndice contém material único relativo a países dos quais a EVO tem recebido contribuições válidas. Cada contribuição pode ser atualizada independentemente do restante deste Volume I; por esta razão cada contribuição é seguida pela data de sua publicação. A EVO encoraja os países a apresentarem matérias de real importância, com aspectos que lhes sejam únicos.

C-1 United States of America - April 2007, updated October 2011

Addition to Chapter 1.3 “IPMVP’s Relationship To Other M&V Guidelines”

- ASHRAE, Guideline 14-2002 Measurement of Energy and Demand Savings (see Reference 3 in Chapter 10). This American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. document provides complementary detail for IPMVP. Guideline 14 had many of the same original authors as IPMVP. Though Guideline 14 provides technical detail following many of the same concepts of IPMVP, it does not use the same Option names as IPMVP. Guideline 14 is a unique and useful resource for *M&V* professionals around the world and is available for purchase through ASHRAE’s bookstore at <http://resourcecenter.ashrae.org/store/ashrae/>.
- *M&V Guidelines: Measurement and Verification for Federal Energy Projects*, Version 2.2 - 2000 (see Reference 27 in Chapter 10). The U.S. Department of Energy’s Federal Energy Management Program (FEMP) was established, in part, to reduce energy costs of operating U.S. government federal facilities. The FEMP *M&V* Guideline was first published in 1996 with many of the same authors as IPMVP. It provides detailed guidance on specific *M&V* methods for a variety of *ECMs*. The FEMP Guide is generally consistent with the IPMVP framework, except that it does not require site measurement of energy use for two specific *ECMs*. The Lawrence Berkeley National Laboratory website (<http://ateam.lbl.gov/mv/>) contains the FEMP *M&V* Guideline, and a number of other *M&V* resource documents, including one on the estimations used in Option A, and an *M&V* checklist.
- The U.S. State Of California’s Public Utilities Commission’s California Energy Efficiency Evaluation Protocols: Technical, Methodological, and Reporting Requirements for Evaluation Professionals (April 2006). This document provides guidance for evaluating efficiency programs implemented by a utility. It shows the role IPMVP for individual site *M&V*. The Protocol can be found at the California Measurement Advisory Council (CALMAC) website <http://www.calmac.org>.
- The Greenhouse Gas Protocol for Project Accounting (2005), jointly developed by the World Resources Institute and the World Business Council for Sustainable Development. The IPMVP Technical Committee was represented on the advisory committee for this document which defines means of reporting the greenhouse gas impact of carbon emission reduction and carbon sequestration projects. See www.ghgprotocol.org.

Addition to Chapter 1.2, Appendixes D.6 and D.7

A widely referenced program for rating the sustainability of building designs or operations is the Leadership in Energy and Environmental Design (LEED™) of the U.S. Green Buildings Council.

Addition to Chapter 4.3, item 6

ORNL (1999) and ASHRAE Guideline 1-1996 define good practice in commissioning most building modifications.

Addition to Chapter 4.7, last paragraph

ASHRAE (2002) provides more technical details on a similar retrofit isolation method.

Addition to Chapter 4.7

Specific applications of retrofit-isolation techniques to common *ECMs* chosen by the United States Department of Energy are shown in Section III of FEMP (2000). Note however that FEMP's applications LE-A-01, LC-A-01 and CH-A-01 are not consistent with IPMVP because they require no measurement.

Addition to Chapter 4.8.1

Chapter 2.2.1 of FEMP (2000) summarizes common duties borne by parties to an *energy-performance contract*. The United States Federal Energy Management Program has also published Detailed Guidelines for FEMP M&V Option A (2002) giving further guidance on *estimation* issues faced by U.S. federal agencies. (Note: the FEMP guidelines call *estimated values* "stipulations.")

Addition to Chapter 4.9

Resources that provide detailed methods of defining new construction baselines, include: ASHRAE Standard 90.1 Appendix G – Performance Rating Method, the COMNET Commercial Building Energy Modeling Guidelines and Procedures and the Title-24 Alternative Calculation Manual. In addition, it is becoming more commonplace that commercially-available simulation programs are capable of automatically generating a minimally-compliant baseline building based on as-designed building model per various rating methods.

ASHRAE (2002) provides more technical details on a similar method and on calibrating simulation models to utility bills.

Addition to Chapter 4.9.1

Information on building simulation programs in common use in different parts of the world can be found in Chapter 6.3 of ASHRAE (2002).

Information on different types of building simulation models can be found in Chapter 32 of the ASHRAE Handbook (2005). The United States Department of Energy (DOE) also maintains a current list of public-domain software and proprietary building-energy-simulation programs at www.eren.doe.gov/buildings/tools_directory.

ASHRAE's simplified energy-analysis procedure may also be used if the building's heat losses, heat gains, internal loads, and HVAC systems are simple.

Other types of special-purpose programs are used to simulate *energy* use of HVAC components. See ASHRAE's HVAC02 toolkit (Brandemuehl 1993), and for boiler/chiller equipment HVAC01 toolkit (Bourdouxhe 1994a, 1994b, 1995). Simplified component air-side HVAC models are also available in a report by Knebel (1983). Equations for numerous other models have been identified as well (ASHRAE 1989, SEL 1996).

Addition to Chapter 4.9.2. Item 2

The process of obtaining and preparing actual weather data is described in depth in the *User News* Vol. 20, No. 1, which is published by Lawrence Berkeley National Laboratory and can be found at <http://gundog.lbl.gov> under Newsletters. Free actual weather data are available from U.S. D.O.E. at http://www.eere.energy.gov/buildings/energyplus/cfm/weatherdata/weather_request.cfm. Actual weather data can also be purchased. One source is the U.S. National Climatic Data Center at <http://lwf.ncdc.noaa.gov/oa/climate/climatedata.html>.

One valid method for adjusting an average weather file to resemble actual weather data is found in the WeatherMaker utility program, part of the U.S. National Renewable Energy Laboratory's software package Energy-10, available at <http://www.nrel.gov/buildings/energy10/>.

Addition to Chapter 4.9.2, item 5

ASHRAE (2002), Chapter 6.3 gives more information on calibration accuracy.

Addition to Chapter 8.3

Methods of quantifying, evaluating and reducing some of these uncertainties are discussed in this document's Appendix B and ASHRAE (2002) section 5.2.11. See also Reddy & Claridge (2000) that applies standard-error-analysis methods to the typical savings determination.

Addition to Chapter 8.10

The U.S. Department of Energy's Building Energy Standards and Guidelines Program (BSGP), available at www.eren.doe.gov/buildings/codes_standards/buildings, provides information about U.S. residential, commercial and Federal building codes.

C-2 France - Juillet 2009

Dans tout *Plan de M&V*, l'identification de l'option choisie doit se faire au moyen de la date de publication ou du numéro de version, ainsi que de la référence du Volume de l'IPMVP, dans l'édition nationale correspondante. Exemple : IPMVP Volume I EVO 10000-1:2009:F

Chapitre 1.4

1.4A1 Benchmarks, certificats et tests régionaux

HQE : www.assohqe.org

Chapitre 4.9 Option D

4.9A1: Information relative aux différents types de modèles de simulation dans le Bâtiment

Liste des logiciels conseillés par l'ADEME (en cours d'établissement) : <http://194.117.223.129>

4.9A2 : Modèles de composants applicables

Liste des logiciels conseillés par l'ADEME (en cours d'établissement) : <http://194.117.223.129>

4.9A3 : Modèles et sources de données météorologiques applicables

Metéo-France : https://espacepro.meteofrance.com/espace_service/visite

COSTIC : <http://www.costic.com/dju/presentation.html>

4.9A4 : Méthodes de calibration applicables

Compléments méthodologiques : voir ASHRAE 2002, 1051RP

4.9A5 : Niveaux de précision minimaux recommandés

ASHRAE 2002

C-3 España - 2009

En el desarrollo del IPMVP en España, aunque no existe una normativa específica para la Medida y verificación de proyectos eficientes existen particularidades y utilidades propias de su legislación y normativa que conviene conocer.

Por ello, se anexa información específica de España:

Apêndices al Capítulo 4.9.1

Para la obtención de la escala de calificación energética de edificios, en España, se ha realizado un estudio específico en el que se detalla el procedimiento utilizado para obtener los límites de dicha escala en función del tipo de edificio considerado y de la climatología de la localidad. Este procedimiento ha tomado en consideración las escalas que en la actualidad se sopesan en otros países y, en particular, la propuesta que figura en el documento del CEN prEN 15217 "Energy performance of buildings: Methods for expressing energy performance and for energy certification of buildings".

La determinación del nivel de eficiencia energética correspondiente a un edificio puede realizarse empleando dos opciones:

- La opción general, de carácter prestacional, a través de un programa informático; y la opción simplificada, de carácter prescriptivo, que desarrolla la metodología de cálculo de la calificación de eficiencia energética de una manera indirecta.
- La opción general se basa en la utilización de programas informáticos que cumplen los requisitos exigidos en la metodología de cálculo dada en el RD 47/2007. Se ha desarrollado un programa informático de referencia denominado Calener, promovido por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio a través del IDAE y la Dirección General de Arquitectura y Política de Vivienda del Ministerio de Vivienda.

Este programa cuenta con dos versiones:

- Calener_VYP, para edificios de Viviendas y del Pequeño y Mediano Terciario (Equipos autónomos).
- Calener_GT, para grandes edificios del sector terciario.

La utilización de programas informáticos distintos a los de referencia está sujeta a la aprobación de los mismos por parte de la Comisión Asesora para la Certificación Energética de Edificios. Esta aprobación se hará de acuerdo con los criterios que se establece en el Documento de Condiciones de Aceptación de Procedimientos Alternativos a Líder y Calener.

El Programa informático Calener es una herramienta promovida por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, a través del IDAE, y por el Ministerio de Vivienda, que permite determinar el nivel de eficiencia energética correspondiente a un edificio. El programa consta de dos herramientas informáticas para una utilización más fácil por el usuario NT.

Se puede encontrar en la web del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, en <http://www.mityc.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/CertificacionEnergetica/ProgramaCalener/Paginas/DocumentosReconocidos.aspx>

El programa LIDER es una aplicación que permite verificar el cumplimiento de la exigencia "Limitación de la demanda energética" regulada en el DB-HE1 del nuevo Código Técnico de Edificación.

Dicho programa está incluido dentro el CALENER – VYP que se encuentra en la referencia anterior, aunque se puede obtener independientemente en la web <http://www.codigotecnico.org/index.php?id=33>

Apêndices al Capítulo 4.9.2. Item 2

Los datos meteorológicos en tiempo real están disponibles en la web de la Agencia Estatal de Meteorología, dependiente del Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino en la web <http://www.aemet.es/es/eltiempo/observacion/ultimosdatos?k=mad>

Para la obtención de datos meteorológicos históricos igualmente en la Agencia Estatal de Meteorología, dependiente del Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino en la web <http://www.aemet.es/es/elclima/datosclimatologicos/resumenes>

Apêndices al Capítulo 8.10

La normativa y legislación española referente al Código Técnico de la Edificación (CTE) se encuentra en la web del Ministerio de Vivienda en http://www.mviv.es/es/index.php?option=com_content&task=view&id=552&Itemid=226
Respecto al Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios (RITE) están disponibles en la web del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, en <http://www.mityc.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/Paginas/InstalacionesTermicas.aspx>.

C-3.1 Catalunya - Setembre 2010

Pel desenvolupament de l'IPMVP a Catalunya es podrà utilitzar tota la informació específica a la que es fa referència a l'apartat C-3 d'Espanya.

A més de la normativa europea, per fer possible la transició cap a un model energètic més sostenible s'hauran de tenir presents les normatives i decrets específics per a Catalunya, tant les que fan referència a la totalitat de les empreses com les que fan referència als edificis públics:

- [Directiva 2006/32/CE del Parlament Europeu i del Consell, de 5 d'abril de 2006 sobre l'eficiència de l'ús final de l'energia i els serveis energètics, la qual deroga la Directiva 93/76/CEE del Consell.](#)
- [Decret 21/2006, de 14 de febrer, pel qual es regula l'adopció de criteris ambientals i d'ecoeficiència en els edificis. \(Decret d'Ecoeficiència\)](#)
- [Directiva 2002/91/CE del Parlament Europeu i del Consell, de 16 de desembre de 2002, relativa a l'eficiència energètica dels edificis.](#)

Annex al capítol 4.9.2

Per a l'obtenció de dades meteorològiques, històriques o del any en curs, a més de la Delegació Territorial a Catalunya de l'Agència Estatal de Meteorologia (<http://www.aemet.es>) tel.: 93.221.14.72, es recomana consultar el servei meteorològic català: <http://www.meteocat.cat>

C-4 Romania - July 2010

Addition to Chapter 1.3, "IPMVP's Relationship To Other M&V Guidelines"

Another useful document for the reader of IPMVP is the Romanian National Energy Balance Elaboration Guide. The National Guide describes the way to perform an energy balance, energy audit and how to accomplish the measurement.

Addition to Chapter 4.7, "Calibration"

Devices are calibrated according to the recognized authority, the National Institute of Metrology that has as main mission the provision of scientific basis for uniformity and accuracy of measurement in Romania. Therefore calibration action must comply with its assessed laws.

Addition to Chapter 10.2, "Measurement References"

Measurements are made according to the Electric Energy Measurements Rules and Thermal Energy Measurements Rules, elaborated by ANRE (Romanian Energy Regulatory Authority) and using the Code for Electric Energy Measurement elaborated also by ANRE.

For the electric energy measurement, the rules are according to:

CEI 60044-1 Current transformers
CEI 60186 Voltage transformers
CEI 60044-2 Inductive voltage transformers
CEI 60687 Alternating current static watt-hour meters for active energy classes 0.2S and

0.5S
CEI 61036 Alternating current static watt-hour meters for active energy classes 1 and 2
CEI 61268 Alternating current static watt-hour meters for reactive energy classes 2 and 3
CEI 60521 Class 0.5, 1 and 2 alternating current watt-hour meters
CEI 60870 - 2 - 1 Telecontrol equipment and systems. Part 2: Operating conditions. Section 1: Power supply and electromagnetic compatibility.
CEI 60870 - 4 Telecontrol equipment and systems. Part 4: Performance requirements.
CEI 60870 - 5 Telecontrol equipment and systems. Part 5: Transmission protocols.
CEI 61107 Data exchange for meter reading, tariff and load control. Direct local data exchange
CEI 61334-4 Distribution automation using distribution line carrier systems. Part 4: Data communication protocols
CEI 62056-61 Electricity metering – data exchange for meter reading, tariff and load control – Part 61: Object identification system (OBIS)
CEI 62056-62 Electricity metering – data exchange for meter reading, tariff and load control – Part 62: Interface classes
CEI 62056-46 Electricity metering – data exchange for meter reading, tariff and load control – Part 46: Data Link layer using HDLC protocol
CEI 62056-53 Electricity metering – data exchange for meter reading, tariff and load control – Part 53: COSEM Application Layer
CEI 62056-21 Electricity metering – data exchange for meter reading, tariff and load control – Part 21: Direct local data exchange
CEI 62056-42 Electricity metering – data exchange for meter reading, tariff and load control – Part 42: Physical layer services and procedures for connection oriented asynchronous data exchange

For the thermal energy measurement, the rules are according to:

SR EN 1434 –1 Thermal energy meters, Part 1: General View. (1998)
STAS 6696 Taking samples (measurements) (1986)
EN 1434–2,3,4,5,6 Heat meters (1997)
ISO/IEC 7480 Information technology – Telecommunications and information exchange between systems -- Start-stop transmission signal quality at DTE/DCE interfaces (1991)
ISO/IEC 7498-1 Information technology -- Open Systems Interconnection – Basic Reference Model: The Basic Model (1994)
PE 002 Regulation for the provision and use of thermal energy (1994)
PE 003 Nomenclature of inspections, testing and proof of installation, commissioning and start-up of power plants (1984)
PE 502-8 Norms for providing technological facilities with measuring devices and automation. Heat Points (1998)
SC 001 Framework solutions for metering installation to plumbing and heating installations in existing buildings (1996)
SC 002 Framework solutions for metering water consumption, natural gas and thermal energy associated with installations from apartment blocks (1998)
OIML R 75 (International Recommendation) Thermal energy meters (1988)
NTM-3-159-94 Metrological verification of thermal energy meters (1994)

Addition to Chapter 8.7, “Data for Emission Trading”

CO₂ emissions are measured, monitored and traded according to the National Allocation Plan Regarding Greenhouse Gas Emission Certificates, that can be found at the following website: http://www.anpm.ro/Files/TEXT%20Anexe%20HG_NAP_ro-%20FINAL_20098183817246.pdf

Certificate trading is made according to EU legislation.

C-5 Bulgaria - July 2010

EU Directives – applicable in Bulgaria as references for measurement, energy efficiency, and equipment standards:

2004/22/EC	Measuring instruments
2006/95/EC	Directive 2006/95/EC of the European Parliament and of the Council of 12 December 2006 on the harmonization of the laws of Member States relating to electrical equipment designed for use within certain voltage limits (codified version)
2000/55/EC	Energy efficiency requirements for ballasts for fluorescent lighting
96/57/EC	Energy efficiency requirements for household electric refrigerators, freezers and combinations thereof
92/42/EEC	Efficiency requirements for new hot-water boilers fired with liquid or gaseous fuels
BDS EN 12261:2003	Gas flow meters
BDS EN 12261:2003/A1:2006	
BDS EN 12261:2003/AC:2003	
BDS EN 12405-1:2006	
BDS EN 12405-1:2006/A1:2006	
BDS EN 12480:2003	
BDS EN 12480:2003/A1:2006	
BDS EN 1359:2000	
BDS EN 1359:2000/A1:2006	
BDS EN 14154-1:2006+A1:2007	Water meters
BDS EN 14236:2009	Ultrasonic domestic gas meters
BDS EN 1434:2007	Heat meters
BDS EN 50470-1:2006	AC Electrical energy measurement
90/396/EC	Appliances burning gaseous fuels
87/404/EC	Simple pressure vessels
97/23/EC	Pressure equipment
92/75/EC	Energy labeling of household appliances
BDS EN 50294:1998/A2:2004	Lighting measurement
BDS EN 50294:2003	
BDS EN 50294:2003/A1:2003	

C-6 Czech Republic - September 2010

Referenced standards, procedures and guidelines should be replaced by European or Czech standards wherever necessary, legally required or practical. However other references in IPMVP are nevertheless informative. The most important Czech technical standards are as follows:

In the field of measuring and control tools and instruments:

- ČSN 2500 In general
- ČSN 2501 Verification of measuring instruments and measuring devices in general
- ČSN 2502 Verification of certain measuring instruments and measuring devices
- ČSN 2509 Measuring instrument accessories and record papers
- ČSN 2570 Pressure gauges in general and accessories
- ČSN 2572 Pressure gauges
- ČSN 2574 Analyzing equipments
- ČSN 2575 Volume measuring
- ČSN 2576 Volumetric weight and density measuring

ČSN 2577	Liquid and gas flows in hollow sections measuring
ČSN 2578	Instruments for liquid and gas flows and quantities measuring
ČSN 2580	Thermometers in general, components
ČSN 2581	Glass liquid thermometers
ČSN 2582	Pressure-type thermometers, with contacts and for transformers
ČSN 2583	Thermocouple and resistance thermometers
ČSN 2585	Calorimeter and indicators for heating custo distribution

In the field of metrology:

ČSN 9921	Testing of ammeters, voltmeters, wattmeters
ČSN 9931	Glass thermometers
ČSN 9941	Weighing instruments
ČSN 9947	Mean absolute pressure measuring instruments
ČSN 9968	Gas flow-meters and gas volume-meters
ČSN 9971	Photometric measuring instruments
ČSN 9980	General provisions, nomenclature, symbols and units of measurement of physical-chemical properties of materials

Related to energy:

ČSN 01 1300	Legal units of measurement
ČSN 06 0210	Calculation of heat losses in buildings with central space heating
ČSN 07 0021	Hot water boilers
ČSN 07 0240	Hot water and low-pressure steam boilers
ČSN 07 0305	Evaluation of boiler losses
ČSN 07 0610	Heat exchangers water-water, steam-water
ČSN 10 5004	Compressors
ČSN 11 0010	Pumps
ČSN 12 0000	HVAC systems
ČSN 33 2000	Electrical regulations
ČSN 38 0526	Heat supply - principles
ČSN 38 5502	Gas fuels
ČSN 65 7991	Oil products, fuel oils
ČSN 73 0540	Thermal protection of buildings - parts 1, 2, 3, 4
ČSN 73 0550	Thermal properties of building structures and buildings – calculation methods
ČSN 73 0560	Thermal properties of building structures and buildings – industrial buildings
ČSN EN 835	Heat custo allocators for the determination of the consumption of room heating radiators - appliances without an electrical energy supply, based on the liquid evaporation principle
ČSN EN 834	Heat custo allocators for the determination of the consumption of room heating radiators. Appliances with electrical energy supply

Addition to Chapter 8.7, “Data for Emission Trading”

Verification of CO₂ under the EU Emission Trading Scheme must follow the relevant binding procedures set by the EU and national authorities (Act No 695/2004 Coll., as updated).

C-7 Croatia - September 2010

Addition to Chapter 4.7 “Calibration”

Replace the first sentence with: “Meters should be calibrated as recommended by the equipment manufacturer, in a laboratory approved by the Croatian agency for metering (Hrvatski zavod za mjeriteljstvo) and with a valid certificate.”

Addition to Chapter 9 “Definitions”

Baseline energy - at the end of definition add “Baseline energy consumption according to Croatian Law on efficient energy end-use” “Osnovna potrošnja energije prema Zakonu o učinkovitom korištenju energije u neposrednoj potrošnji”

Energy - at the end of definition add “See definition in Croatian Law on efficient energy end-use”

“vidi definiciju u Zakonu o učinkovitom korištenju energije u neposrednoj potrošnji”

C-8 Poland - September 2010

Requirements for measurements and measuring instruments:

- a. Ordinance of Minister of Economy on fundamental requirements for measuring instruments (Dz.U. 2007 nr 3 poz. 27; Law Gazette of 2007 No 3, item 27) and amendments (Dz.U. 2010 nr 163 poz. 1103; Law Gazette of 2010 No 163, item 1103).
- b. Law amending law of measures (Dz.U. 2010 nr 66 poz. 421; Law Gazette of 2010 No 66, item 421).
- c. Ordinance of Cabinet amending ordinance on legal units of measures (Dz.U. 2010 nr 9 poz. 61; Law Gazette of 2010 No 9, item 61)
- d. Ordinances of the Minister of Economy on meter requirements, calculation units, and testing during legal metrology inspection for:
 - gas meters: Dz.U. 2008 nr 18 poz. 115; Law Gazette of 2008 No 18, item 115
 - true energy AC electricity meters: Dz.U. 2008 nr 11 poz. 63; Law Gazette of 2008 No 11, item 63 liquid flow meters, other than water: Dz.U. 2008 nr 4 poz. 23; Law Gazette of 2008 No 4, item 23.

APÊNDICE D QUEM USA O PIMVP

Embora a aplicação do PIMVP seja única para cada projeto, certos tipos de usuários terão métodos similares nos seus *Planos de M&V* e respectiva implementação. Este Apêndice mostra algumas das formas-chave através das quais este documento pode ser usado pelos seguintes grupos de usuários:

- Contratantes de desempenho energético, e seus clientes prediais;
- Contratantes de desempenho energético, e seus clientes de processos industriais;
- Consumidores de energia, para efetuar a própria racionalização e contabilizar a economia;
- Gestores de instalações, para contabilizar adequadamente a variação dos orçamentos energéticos;
- Técnicos de concepção de novos edifícios;
- Técnicos de concepção de novos edifícios em busca de reconhecimento para a sustentabilidade de seus projetos;
- Gestores de edifícios já existentes, em busca de reconhecimento da qualidade ambiental de seus projetos;
- Técnicos e gestores de programas de Gestão da Demanda;
- Promotores de projetos de consumo eficiente de água;
- Técnicos de concepção do mercado de redução de emissões;
- Usuários de energia que visam Certificação pela ISO 50001.

Este Apêndice usa termos explicados em capítulos subsequentes, como assinalado entre parênteses ou definidos no Capítulo 9 para os termos em itálico.

D-1 Contratantes de desempenho energético e os seus clientes de edifícios

O objetivo principal de *M&V*, dentro do contexto dos *contratos de desempenho energético* no setor predial, consiste em apresentar o desempenho monetário real de um projeto de reabilitação. O *Plano de M&V* torna-se parte dos termos do *contrato de desempenho energético*, e define as medições e cálculos para determinar pagamentos ou demonstrar conformidade com um nível de desempenho garantido.

Os custos de *M&V* podem ser definidos de acordo com as responsabilidades de todas as partes do contrato. Onde alguns parâmetros podem ser estimados com precisão suficiente para todas as partes, a opção A (seção 4.7.1) pode ser mais econômica. Por exemplo, a um contratante que se encarregue do melhoramento da eficiência de uma central *chiller*, pode lhe ser pedido para demonstrar a eficiência do *chiller* antes e depois do reequipamento, sem considerar o consumo atual de energia da refrigeração, determinado por cargas térmicas da instalação que não são de sua responsabilidade. No entanto, se o contratante concordar em reduzir o consumo de energia da central de *chillers*, será necessária a comparação entre o consumo de energia da instalação, antes e depois. Neste último caso, seria utilizada a opção B (seção 4.7.2), se fossem usados os medidores da central de *chiller*, ou a opção C (seção 4.8), se os medidores de toda a *instalação* fossem utilizados para medir o desempenho energético global do edifício.

No caso dos *contratos de desempenho energético* se centrarem no desempenho global da instalação, onde for difícil avaliar os efeitos de cada *AEE* ou existirem várias *AEEs*, será usada a opção C. Deve-se ter o cuidado de garantir que o *Plano de M&V* (Capítulo 5) enumere os *fatores estáticos* do período da linha de base e atribua a responsabilidade do seu monitoramento durante o *período de determinação da economia*. No entanto, para as

novas construções, será utilizada a opção D (seção 4.9 ou Volume III Parte I do PIMVP). No caso de existir um medidor central em um grupo de vários edifícios, e os medidores individuais dos edifícios ainda não estarem instalados, a opção D (seção 4.9) poderá ser usada, a fim de evitar que a reforma tenha de ser atrasada para serem obtidos, durante um ano, novos dados do *período da linha de base* de um submedidor, antes de planejar a AEE.

As medições deverão ser feitas ao longo da duração do *contrato de desempenho energético*, ou durante um período de teste, definido por contrato logo após a implementação da(s) AEE(s). Quanto maior for o *período de determinação da economia* (seção 4.5.2), ou a *fronteira de medição* alargada (seção 4.5), mais se deverá prestar atenção à possibilidade de alteração do *consumo da linha de base* após a implementação da ação corretiva. Esta possibilidade requer um bom registro anterior dos *fatores estáticos* no *Plano de M&V*, bem como um monitoramento minucioso das condições após a implementação da(s) AEE(s) (seção 8.2).

A complexidade de concepção do sistema de medição, bem como dos cálculos de *M&V* (seções 4.8.5 e 8.11), deve considerar também os custos de *M&V*, a amplitude da *economia* esperada, a análise econômica do projeto e a precisão desejada ao reportar (seções 8.3 - 8.5 e Apêndice B).

Os preços utilizados para valorizar monetariamente as unidades economizadas de demanda e de consumo de energia ou água devem ser aqueles estabelecidos no contrato (seção 8.1).

Quando um consumidor de energia sentir que não tem capacidade de rever um *Plano de M&V* ou um relatório de *economia*, poderá contratar um verificador, desvinculado do *contratante de desempenho energético* (seção 8.6).

O Apêndice A contém exemplos de aplicações do PIMVP a edifícios (seções A-7, A-8, A-9, enquanto as seções A-2, A-3 e A-6 estão relacionadas com as tecnologias encontradas na maioria dos edifícios).

D-2 Contratantes de desempenho energético e seus clientes de processos industriais

O objetivo principal de *M&V* para *contratos de desempenho energético* industriais é habitualmente demonstrar o desempenho energético, a curto prazo, de um projeto de implementação de AEEs. No seguimento de tal demonstração, a gestão da fábrica assume a responsabilidade do funcionamento e normalmente não demanda relação contínua com uma ESCO (empresa de serviços de conservação de energia). O *Plano de M&V* torna-se parte dos termos do *contrato de desempenho energético*, e define as medidas e os cálculos para determinar os pagamentos ou demonstrar conformidade com qualquer nível de desempenho garantido.

Os processos industriais implicam frequentemente relações mais complexas entre o consumo de energia e uma ampla gama de variáveis energéticas, em relação ao que ocorre nos edifícios. Além do clima, parâmetros como o tipo do produto, variações da matéria-prima, taxa de produção, e programação dos turnos devem ser tidos em consideração. É necessário cuidado na seleção das *variáveis independentes* a serem utilizadas (Apêndice B-2.1). A análise torna-se muito difícil, se houver tentativa de identificar a economia nos medidores principais de *energia* da instalação, especialmente se existir mais do que um tipo de produto a ser produzido na fábrica.

As opções de isolamento das AEEs (seção 4.7) ajudam a minimizar as complicações ligadas às variáveis de produção, custumeiramente não relacionadas com os termos do contrato de desempenho energético. A medição isolada da reforma reduz a *fronteira de medição* apenas naqueles sistemas cujo desempenho *energético* pode ser facilmente comparado às variáveis de produção. A instalação de medidores de isolamento para a *M&V* também fornecem informações úteis para o controle do processo.

Os custos de *M&V* podem ser controlados considerando-se as responsabilidades de todas as partes do *contrato de desempenho energético*. Quando alguns parâmetros permitem ser estimados com exatidão suficiente para todas as partes, a opção A (seção 4.7.1) pode revelar-se a mais econômica. Por exemplo, um contratante que aceita aumentar a eficiência de uma caldeira pode demonstrar a mudança em seu consumo de energia durante a carga máxima, após a instalação de um dispositivo de recuperação de calor dos gases de combustão, não sendo responsável pelo consumo contínuo de energia da caldeira, o qual é regido pelos parâmetros de produção que fogem ao controle do contratante. No entanto, se o contratante aceitar reduzir o consumo de energia da caldeira, o consumo de energia da caldeira alterada será comparado com as necessidades energéticas previstas para a caldeira original, durante certo período de tempo. Neste último caso, a opção B (seção 4.7.2) rege o acordo, se um medidor medir o consumo de combustível da caldeira. A opção C (seção 4.8) rege o acordo se os medidores principais da fábrica ou os submedidores departamentais medirem o desempenho energético total da fábrica ou de um departamento dentro da fábrica.

Quando se utilizam técnicas de medição isolada de reformas, deve-se ter atenção em considerar todos os fluxos de energia afetados pelas *AEEs* (seção 4.4), incluindo-se os *efeitos interativos*. Os *contratos de desempenho energético* em fábricas frequentemente requerem medições para um curto *período de determinação da economia*, após a implementação da reforma. *Períodos de determinação da economia* mais longos (seção 4.5.1), ou *fronteiras de medição* mais amplas (seção 4.4), necessitam de maior atenção para possível mudança do *consumo da linha de base* após a reforma. Um bom registro anterior dos *fatores estáticos* no *Plano de M&V* (Capítulo 5) e o monitoramento cuidadoso das condições após a reforma (seção 8.2) ajudam a identificar a mudança do *consumo da linha de base*.

Os gestores das fábricas empregariam normalmente o monitoramento a longo prazo do consumo de energia, para minimizar de modo contínuo as perdas de energia. Os *contratantes de desempenho energético* concentram-se, em vez disso, no monitoramento a curto prazo, para demonstrar o desempenho energético (seção 4.5.2).

Para as reformas implementadas que permitem ser desligadas temporariamente, tal como um recuperador de calor, testes sequenciais a curto prazo que utilizam a técnica de teste em liga/desliga (seção 4.5.3) podem demonstrar o desempenho energético.

A complexidade da concepção do sistema de medição de *M&V* (seções 4.8.5 e 8.11) e seus cálculos devem ter também em consideração os custos de *M&V*; a magnitude da *economia* esperada; a análise econômica do projeto; e a precisão desejada ao reportar os resultados (seções 8.3 - 8.5 e Apêndice B).

Os preços usados para avaliar a *economia* devem ser aqueles estabelecidos no *contrato de desempenho energético* (seção 8.1).

Quando não dispõe de capacidade para rever um *Plano de M&V* ou um relatório de *economia*, o consumidor de *energia* pode contratar um verificador, desvinculado do *contratante de desempenho energético* (seção 8.6).

O Apêndice A contém exemplos de aplicações industriais do PIMVP (seções A-4, A-5, enquanto as seções A-2, A-3.1 e A-6 estão relacionadas com as tecnologias encontradas na maioria das instalações industriais).

D-3 Consumidores de energia industriais e prediais que fazem a própria racionalização

Os consumidores de *energia* muitas vezes efetuam, eles próprios, as *AEEs*. Quando estão confiantes em conseguir alcançar a *economia* planejada, uma abordagem de 'não *M&V*' libera o orçamento todo para a implementação das *AEEs*. No entanto, os consumidores de energia podem ter necessidade de justificar investimentos, acrescentar credibilidade a pedidos de futuros investimentos, ou quantificar um desempenho energético incerto.

Os aspectos de concepção de *M&V* seriam similares aos descritos nas seções D-1 ou D-2 acima mencionadas, excetuando-se o fato de não haver divisão de responsabilidade entre um consumidor de *energia* e um *contratante de desempenho energético*. Reportar os custos informalmente poderá ser menos oneroso do que reportá-los formalmente.

D-4 Gestores de instalações que prestam contas por variações de orçamento de energia/água

Para gerir com sucesso os custos de *energia*, um gestor de *instalações* deve compreender a relação entre o consumo de *energia* e os parâmetros de funcionamento das *instalações*. Os parâmetros de funcionamento mais importantes incluem a ocupação, a taxa de produção, e o clima. Se um gestor de instalação negligenciar estas *variáveis independentes*, poderá ter dificuldades em explicar as variações dos orçamentos *energéticos* previstos, além de arriscar futuros erros orçamentais. Os *ajustes do período da linha de base* são igualmente necessários para justificar alterações não periódicas nas *instalações*.

Mesmo se não estiver planejada nenhuma *economia*, as técnicas de cálculo do Capítulo 4 poderão ajudar a explicar as variáveis do orçamento *energético*. Por conseguinte, os *Planos de M&V* (Capítulo 5) mostram-se úteis, com ou sem implementação de AEEs. Métodos para toda a instalação, opção C (seção 4.8), poderão ser utilizados, com base em medidores principais ou em submedidores das seções principais da instalação. Se os submedidores estiverem colocados em equipamentos específicos (seção 4.7), poderão ajudar a atribuir os custos aos departamentos usuários ou aos inquilinos dentro da *instalação* (utilizando as abordagens da opção A ou B).

Os componentes críticos relativos às variações do orçamento *energético* global podem ser isolados para uma medição separada, seja do seu consumo de *energia* (opção B, seção 4.7.2), seja de um parâmetro-chave de consumo de *energia* (opção A, seção 4.7.1). Ambos os casos exigem medição a longo prazo. Deve-se prestar muita atenção ao custo de manutenção e calibração dos medidores, bem como o custo de gestão de dados recebidos dos medidores (ver seções 4.7.3 e 8.11).

D-5 Técnicos de concepção de novos edifícios

Os investidores dos novos edifícios desejam frequentemente comparar seu desempenho energético ao desempenho obtido se não fossem incluídas algumas características de eficiência *energética* na concepção. A ausência de dados reais do *período da linha de base* normalmente implica a utilização da opção D (seção 4.9) para desenvolver um *período da linha de base*. As competências de simulação em computador, necessárias para aplicar corretamente a opção D podem encontrar-se normalmente na equipe, no momento da concepção. Contudo o elemento crítico da opção D é a calibração da simulação em relação aos dados recolhidos, após o período de um ano. Por conseguinte, é importante a certeza de que as competências de simulação permanecem disponíveis até ser efetuada a calibração.

Após o primeiro ano de funcionamento regular, seria normal a utilização dos verdadeiros dados de *energia* do primeiro ano regular como novo *período da linha de base*, passando-se a utilizar a opção C (seção 4.8) para determinar alterações em relação ao novo *período da linha de base* do primeiro ano.

Todos os desafios para os novos edifícios são tratados mais aprofundadamente na Parte I do Volume III do PIMVP, Novas Construções, incluindo-se diferentes métodos para situações especiais.

D-6 Projetistas de novos edifícios que procuram reconhecimento para seus próprios projetos sustentáveis

Os projetistas podem procurar ter seus projetos reconhecidos em um programa de sustentabilidade. Para qualificação o edifício necessita ter um sistema de *M&V* aderente ao PIMVP. A aderência ao PIMVP é definida no Capítulo 7 como a preparação de um Plano de *M&V* (Capítulo 5), empregando a terminologia do Protocolo e, então, seguir o Plano de *M&V*.

O projetista deve também seguir a orientação da Seção D-5 acima e o que indica o Volume III do PIMVP, parte I.

D-7 Gerentes de edifícios existentes que procuram reconhecimento para a qualidade ambiental da operação dos sistemas do prédio

Os gerentes de edifícios existentes podem querer o reconhecimento pela qualidade ambiental de seus métodos de operação. Para qualificação, o edifício necessita ter um sistema de *M&V* aderente ao PIMVP. A aderência ao PIMVP é definida no capítulo 7 como a preparação para um Plano de *M&V* (Capítulo 5), empregando a terminologia do Protocolo e, então, seguir o Plano de *M&V*. A metodologia de isolamento das ações de eficiência energética (AEE) (Capítulo 4.8) pode ajudar a receber o reconhecimento para os locais onde foram instalados submedidores. A Opção C (Capítulo 4.8) proporcionará o monitoramento total da instalação mais recomendado para edifícios existentes. Entretanto, em ausência de medidor geral da instalação antes do reconhecimento, a Opção D (Capítulo 4.9) será necessária no período da linha de base, para desenvolver um conjunto de dados que cubra um ano de funcionamento, anterior à instalação do medidor.

Os Gerentes de edifícios devem também seguir a orientação da Seção D-3 anterior.

D-8 Técnicos de concepção e gestores de programas regionais de eficiência

Técnicos de concepção e gestores de programas de GLD (Gerenciamento pelo Lado da Demanda) em nível regional ou de empresas do setor energético necessitam habitualmente desenvolver formas rigorosas de avaliação da eficácia dos seus programas de eficiência energética. Uma forma de avaliar o impacto de um programa de GLD consiste em avaliar a *economia* obtida em *instalações* de usuários finais, escolhidas de forma aleatória. Esses dados podem ser usados para projetar os resultados por todo o grupo dos participantes do programa de GLD. Devem-se utilizar as opções do PIMVP apresentadas no Capítulo 4, para avaliar a *economia* nas *instalações* que serviram de amostra.

A concepção da avaliação para qualquer programa regional deve especificar quais das opções do PIMVP são permitidas. Também deve especificar o número mínimo necessário de amostras, de medições e a precisão do cálculo, de modo que seja conferido o rigor necessário ao reportar o programa.

As empresas do setor energético, em suas bases de dados, já dispõem dos dados de toda a instalação de seus consumidores, portanto podem aplicar a opção C (seção 4.8) em todos os participantes do programa ou em uma amostra destes. No entanto, sem conhecimentos adequados das alterações em cada instalação, deve-se esperar grande percentagem de variações na *economia*, especialmente à medida que o tempo decorre entre o *período da linha de base* e os *períodos de determinação da economia*.

A EVO está monitorando as necessidades de avaliação dos programas da comunidade das empresas do setor energético. A EVO está considerando o desenvolvimento de orientações especiais de *M&V* para avaliar programas de GLD e estabelecer bases de referência a fim de medir a 'resposta pela demanda' dos clientes que recebem reduções ou preços especiais das empresas do setor energético (ver Prefácio – Futuros Planos da EVO).

D-9 Promotores de projetos de consumo eficiente de água

A *M&V* do consumo eficiente de água é idêntica à *M&V* da eficiência energética, portanto utiliza técnicas de *M&V* similares. A técnica relevante para qualquer projeto depende da natureza da alteração a ser avaliada, bem como da situação do usuário, como referido nas seções D-1, D-5 e D-8.

Os equipamentos de consumo de água estão frequentemente sob o controle dos usuários da instalação (ocupantes do edifício ou gestores de produção). Por conseguinte, pode ser difícil monitorar o comportamento dos usuários como seria necessário para efetuar ajustes ao consumo de água de toda a instalação, visando-se a aplicação dos métodos da opção C. Os métodos de medição isolada das AEE são frequentemente aplicados (seção 4.7) com utilização de uma amostra das AEEs (Apêndice B-3), para demonstrar o desempenho energético de todo um grupo de alterações.

Quando o consumo de água exterior está sendo avaliado, o termo dos ajustes na equação 1 do PIMVP (Capítulo 4) pode estar relacionado com parâmetros que influenciam o consumo de água, tal como a quantidade de chuvas.

Dispositivos de medição do fluxo líquido (ver seção 8.11, quadro 5) são os mais frequentemente utilizados na *M&V* para projetos de consumo eficiente de água.

D-10 Esquemas de mercado de emissões

Os programas de eficiência energética podem ser fundamentais para ajudar muitos consumidores de energia a atenderem à sua cota de emissão. Todas as técnicas deste documento ajudam os consumidores de energia a gerir seu consumo de energia, através de uma contabilidade adequada (seções D-3 e D-4).

Os projetos de eficiência energética também podem constituir a base de comércio de produtos financeiros associados às reduções de emissão (créditos, compensações, reservas, etc). Uma vez que tais mercados devem manter-se sob o escrutínio público, a conformidade com um protocolo reconhecido pela indústria confere credibilidade a declarações de redução de emissão.

Os técnicos de concepção de esquemas de mercado devem especificar a conformidade com a edição de 2002, ou posterior, do PIMVP. Podem ainda ir além, e requerer abordagens de *economia* energética completamente medidas (isto é, opções B ou C, seções 4.7.2 ou 4.8). Essa especificação adicional reduz a incerteza na quantificação, ao eliminar as opções com o uso de valores estimados ou simulados, em vez de valores medidos.

A seção 8.7 aborda aspectos específicos da concepção de *M&V* para os mercados de emissões.

D-11 Usuários de energia que visam Certificação pela ISO 50001

Os métodos de gerenciamento requeridos pela ISO 50001 estão focalizados nos custos de toda a instalação, mesmo se a economia não está sendo visada. As Opções C e D (Capítulos 4.8 e 4.9) indicam os métodos adequados a essa finalidade. Não obstante, o PIMVP alerta para o desafio que é detetar pequenas alterações energéticas nas medições globais. O PIMVP oferece orientações geral (Capítulo 4.8) e específica (Apêndice B-1.2) em quanto as alterações podem ser identificadas por medições globais, com validade estatística. Se as economias esperadas não são de grande valor, deverá ser apropriado o uso de sub-medidores em várias seções da instalação. As opções de medição isolada das AEEs (Opções A e B) também podem ser adequadas para projetos específicos de eficiência energética. Entretanto, o Capítulo 4.7 alerta para o fato de que os resultados das medições isoladas das AEEs não podem ser correlacionadas com as faturas de medições globais.

ÍNDICE REMISSIVO

- ação de eficiência energética**, 1, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 30, 31, 34, 37, 39, 40, 44, 45, 47, 49, 50, 60, 61, 76, 83, 91, 120, 121
- adesão, 1, 2, 3, 43, 51, 60, 73
- ajustes, 4, 8, 9, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 24, 25, 28, 29, 40, 44, 45, 46, 48, 50, 61, 76, 82, 91, 95, 122, 124
- ajustes de rotina, 18, 19, 22, 25, 27, 28, 29, 30, 31, 41, 45, 46, 48, 50, 59, 61, 79
- ajustes não de rotina, 13, 14, 18, 22, 25, 27, 28, 30, 31, 41, 45, 46, 50, 59, 79
- Ajustes da linha de base**, 59
- ajustes de rotina, 16
- Ajustes de rotina**, 14, 16, 17, 18, 59
- Ajustes não de rotina**, 59
- amostra, 21, 41, 46, 101, 123, 124
- amostragem, 3, 21, 24, 40, 46, 53, 101, 123
- análise de regressão, 19, 29, 37, 81, 95, 96, 97
- Análise de regressão**, 59
- ASHRAE, 27, 29, 32, 52, 63, 64, 65, 66, 88, 105
- ASHRAE Guideline 14, 27, 29, 52, 68, 88, 111
- avoided energy use, 72
- calibração, 4, 26, 27, 31, 32, 33, 35, 40, 41, 46, 47, 48, 55, 83, 91, 99, 103, 122
- ciclo, 12, 13, 21, 29, 61
- Coefficiente de determinação**, 59, 98, 108
- Coefficiente de variância**, 59
- confiança, 47, 49, 51, 77, 79, 85, 88, 92, 93, 95, 100, 102, 105, 107, 108
- confidence*, 75
- consumo da linha de base*, 8, 15, 16
- Contrato de performance energética**, 59
- cost, 72
- custo**, 1, 3, 9, 24, 30, 32, 40, 44, 45, 48, 49, 50, 52, 53, 60, 86, 91, 122
- cv**, 59, 77, 102, 103
- CV(RMSE), 59, 88, 99
- desvio padrão*, 77, 91, 93, 102, 103
- Desvio padrão**, 60, 93, 95
- dígitos significativos*, 83, 89
- Distribuição-t**, 60
- Economia**, 60
- economia de energia*, 26
- economia normalizada, 16, 17, 40, 44, 60
- Economia normalizada**, 60
- efeito interativo, 12, 20, 30, 34, 39, 79
- Efeitos interativos**, 46, 60
- Empresas de serviços de conservação de energia (ESCO)**, 60
- Energia da linha de base**, 60
- erro médio quadrático, 59, 99
- erro padrão*, 85, 91, 94, 100, 101, 103, 104, 105, 108, 109
- erro padrão da estimativa, 109
- Erro padrão**, 60, 93, 95, 99, 108
- Erro padrão da estimativa**, 60, 99
- Erro padrão do coeficiente**, 60
- erro provável, 105
- Erro provável**, 60
- Erro sistemático médio (ESM)**: 60
- estatística t, 60, 85, 97, 100, 108
- Estimativa**: 60
- fator estático, 14, 19, 27, 28, 30, 32, 39, 40, 45, 48, 119, 120, 121
- Fatores estáticos**, 60
- fronteira de medição, 11, 12, 14, 18, 19, 20, 21, 22, 24, 25, 26, 27, 30, 37, 39, 40, 45, 46, 47, 49, 59, 60, 61, 79, 82, 84, 87, 120
- Fronteira de medição**, 61
- graus dia, 29, 61, 108
- Graus-dia**, 61
- incerteza, 1, 3, 22, 24, 25, 29, 40, 46, 47, 49, 50, 91, 104, 105, 107, 124
- interactive effect*, 74
- intervalo de *confiança*, 62, 75, 77, 92, 93, 94, 95, 101, 102, 103, 105, 107, 108
- LEED, 2, 119
- linha de base**, 1, 9, 16, 17, 18, 19, 27, 29, 30, 31, 39, 59, 60, 74, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 84, 85, 87, 89, 104, 120, 121, 122
- mean*, 75
- média, 26, 29, 77, 80, 93, 94, 95, 96, 98, 102, 103
- Medição e Verificação (M&V)**, 61
- medição e verificação (*M&V*), viii
- Medições, 18, 19, 26, 32, 61
- modelo, 16, 17, 19, 28, 29, 30, 31, 32, 34, 40, 45, 81, 86, 90, 92, 96, 97, 98, 99, 100, 108, 109
- Modelo de simulação**, 61
- Opção A, 18, 20, 22, 23, 24, 25, 30, 41, 42, 45, 46, 48, 49, 50, 64, 72, 74, 76, 77, 82, 91, 119, 121, 122
- Opção B, 20, 23, 25, 46, 48, 50, 73, 78, 79, 80, 119, 121, 122
- Opção C, 12, 18, 21, 22, 27, 28, 29, 30, 34, 46, 48, 50, 83, 84, 86, 87, 89, 90, 119, 121, 122, 123, 124
- Opção D, 12, 15, 18, 22, 25, 30, 31, 32, 33, 34, 41, 44, 48, 53, 86, 87, 89, 99, 120, 122
- Option A, 71, 110, 111
- Option B, 73
- período da linha de base**, 1, 9, 12, 13, 14, 16, 22, 27, 28, 40, 45, 47, 52, 53, 59, 60, 61, 75, 76, 77, 78, 80, 81, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 92, 97, 109, 119, 122, 123
- período de determinação da economia, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 28, 30, 34, 40, 41, 42, 43, 45, 47, 48, 49, 50, 51, 55, 60, 83, 85, 97, 119, 121, 123
- Plano de M&V**, 61
- precisão, 3, 7, 9, 18, 26, 29, 30, 31, 32, 35, 40, 41, 46, 47, 48, 49, 50, 52, 61, 72, 75, 77, 82, 85, 91, 92, 93, 94, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 119, 120, 121
- precision*, 75
- preço, 44, 76, 78
- marginal preço, 44
- Princípios de *M&V*, 7, 9, 43
- R2, 29, 59, 84, 85, 97, 98, 99, 108
- referência
- período da linha de base, 18, 19, 23, 29, 31, 40, 42
- Representante ("proxi")**: 62
- sample, 71

significant digits, 73, 75

standard deviation, 75

standard error, 75

Teste liga/desliga, 14

uso de energia evitado, 8, 16, 60, 62

variância, 30, 86, 91, 92, 93, 102

Variância, 62, 93, 95

variáveis independentes, viii, 16, 28, 29, 32, 42, 45, 47,

52, 59, 92, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 103

variável independente, 14, 17, 19, 22, 28, 29, 30, 32, 39,

40, 48, 80, 96, 97, 98, 100, 108, 120, 122

Variável independente, 62

verificação, 5, 51



A EVO agradece seus principais assinantes:

BC Hydro

San Diego Gas & Electric Company

Southern California Edison

Gas Natural Fenosa

Shneider Electric

Services Industriels de Genève – SIG