



Efficiency
Valuation
Organization

CONCEITOS BÁSICOS

PROTOCOLO INTERNACIONAL DE MEDIÇÃO
E VERIFICAÇÃO DE *PERFORMANCE*[®]

Setembro 2017

EVO 10000 – 1:2016 (BR)

CONCEITOS BÁSICOS

PROTOCOLO INTERNACIONAL DE MEDIÇÃO E
VERIFICAÇÃO DE *PERFORMANCE*®

Setembro 2017

EVO 10000 – 1:2016 (BR)

Tradução para o português do Brasil

Agenor Gomes Pinto Garcia
Raymundo Moniz de Aragão Neto
Anima Consultoria e Projetos

A EVO gostaria de agradecer a Agenor Garcia e Raymundo Aragão, da Anima Consultoria e Projetos, o esforço para realizar a tradução desta edição para o português do Brasil.

© 2016/2017 Efficiency Valuation Organization (EVO). All rights reserved. This document may not be reproduced or altered, in whole or in part, whether in hard copy, digital, or other form, without EVO's prior written consent.

Efficiency Valuation Organization (EVO)

A **EVO** é uma organização sem fins lucrativos cujos produtos e serviços apoiam o investimento e a implementação de projetos de eficiência energética ao redor do mundo. A **Visão da EVO** é criar um mundo que considere a eficiência energética um recurso confiável e sustentável. A **Missão da EVO** é assegurar que as economias e impactos gerados por projetos de eficiência energética e de sustentabilidade sejam medidos e verificados com exatidão.

Diretoria da EVO

Thomas K. Dreessen , Presidente	(EUA)	EPS Capital
Pierre Langlois , Vice-Presidente	(Canadá)	Econoler
Robert Dixon , Secretário	(EUA)	Siemens
Neil Salisbury , Tesoureiro	(Austrália)	Point Advisory
Anees Iqbal	(Reino Unido)	Maicon Associates Ltd.
Patrick Jullian	(França)	IFS2E
Stephane LeGentil	(EAU)	Etiihad Energy Services Company
Mark Lister	(Dinamarca)	Copenhagen Center on Energy Efficiency

O Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance (PIMVP®), mantido pela EVO, é o principal protocolo internacional de medição e verificação. É atualizado com o apoio do Comitê do PIMVP da EVO, um grupo de profissionais do ramo que dispõem graciosamente de seu tempo para tal, e para os quais devemos o desenvolvimento desta edição dos *Conceitos Básicos do PIMVP 2016*.

Comitê do PIMVP 2016

Tracy Phillips , Presidente	(EUA)	7 th Gen Energy Solutions
Maggie Selig , Vice-Presidente	(EUA)	Energy Advocates
Jan Bleyl	(Áustria)	Energetic Solutions
Jim Bradford	(EUA)	Mesa Point Energy
Luis Castanheira	(Portugal)	Energaia
Shankar Earni	(EUA)	Lawrence Berkeley National Laboratory
Ellen Franconi	(EUA)	Rocky Mountain Institute
David Jump	(EUA)	kW Engineering
Sami Khawaja	(EUA)	Cadmus Group Inc.
Bill Koran	(EUA)	SBW Consulting
David Korn	(EUA)	Cadmus Group Inc.
Ken Lau	(Canadá)	BC Hydro
Christian Lemieux	(Canadá)	Econoler
Christophe Rodriguez	(França)	EDF Optimal Solutions
Shawn Shaw	(EUA)	Cadmus Group Inc.
Kevin Warren	(EUA)	Warren Energy Engineering
Lia Webster	(EUA)	CLEAResult
Hillary Wood	(Inglaterra)	EEVS

Mensagem do Presidente da EVO



A *Efficiency Valuation Organization (EVO®)* é autora e editora do *Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance (PIMVP®)*. A EVO é uma organização sem fins lucrativos que fornece recursos gratuitos para incentivar um mundo mais sustentável ambientalmente. Mais informações sobre a EVO e nossos programas podem ser encontrados em www.evo-world.org.

O PIMVP se constitui de uma apresentação estruturada de princípios e termos comuns que são básicos para qualquer bom processo de Medição e Verificação (M&V) - no entanto, ele não define as atividades de M&V para cada aplicação. Cada projeto de M&V deve ser elaborado individualmente de acordo com os objetivos e precisão desejada das ações de economia de energia ou de água. Este projeto individual é registrado no Plano de M&V e as economias são determinadas e relatadas conforme ali definido.

O PIMVP promove investimentos em eficiência mediante a realização das seguintes atividades:

- » Fornece termos e métodos comuns para avaliar o desempenho de projetos de eficiência para seus compradores, vendedores e financiadores. Alguns desses termos e métodos podem ser usados em contratos de projeto.
- » Fornece métodos com diferentes graus de custo e exatidão para determinar as economias de energia tanto para o consumo de toda a instalação quanto para ações de eficiência energética individuais.
- » Fornece orientação de modo a garantir a sua aplicação para uma ampla variedade de instalações, incluindo edifícios residenciais e comerciais, existentes ou novos, e processos industriais.
- » Especifica o conteúdo de um Plano de Medição e Verificação (Plano de M&V). Um Plano de M&V aderente ao PIMVP utiliza princípios fundamentais amplamente aceitos, fornecendo a confiança necessária de que as economias resultantes da ação ou projeto podem ser realizadas. É recomendado que um Plano de M&V seja elaborado para cada projeto por um profissional qualificado como um Profissional Certificado em M&V (CMVP® na sua sigla em inglês).

Este documento fornece os conceitos básicos da M&V. Ele define a terminologia comumente usada e os princípios orientativos para aplicar a M&V. Ele descreve a estrutura de projeto na qual as atividades de M&V serão desenvolvidas. Ele descreve o conteúdo e requisitos para Planos e relatórios de M&V aderentes ao PIMVP. Finalmente, ele descreve os atributos de projetos completamente aderentes ao PIMVP.

A Efficiency Valuation Organization gostaria de agradecer aos voluntários do nosso Comitê do PIMVP e nossos Apoiadores Institucionais pela sua contribuição para tornar esta publicação possível.

Thomas Dreessen

Presidente da Diretoria

Mensagem do Presidente do Comitê do PIMVP



O Comitê do PIMVP (o Comitê) tem o prazer de anunciar esta nova versão dos Conceitos Básicos do PIMVP de 2016. O Comitê é um esforço voluntário, formado originalmente em 1995, para apoiar a promoção e manutenção dos Conceitos Básicos do PIMVP e materiais de apoio e referência de forma contínua. Estes voluntários do mundo todo dedicam seu tempo e trocam ideias para desenvolver o PIMVP e continuamente atualizam o conjunto de protocolos padronizados, referências e ferramentas para representar as melhores práticas em Medição e Verificação.

Este Comitê é responsável pelas mudanças relacionadas nesta última versão dos Conceitos Básicos. Estas alterações foram desenvolvidas por consenso e um processo de revisão por pares, refletindo anos de trabalho. As principais mudanças implementadas neste documento incluem:

- » Terminologia e definições atualizadas e sincronizadas com a terminologia e definições atuais da ISO
- » Princípios do PIMVP esclarecidos
- » Estrutura do PIMVP atualizada e reorganizada para fluir de um modo mais lógico
- » Elementos das Opções revisados para fornecer uma melhor consistência e clareza
- » Desenvolvimento e adição de um checklist dos elementos do Plano de M&V complementar
- » Expansão dos requisitos de aderência ao PIMVP

O Comitê está atualmente trabalhando em vários tópicos interessantes, incluindo Estatística e Incerteza, Aplicações de Renováveis, M&V 2.0 e Tópicos Relevantes, M&V para ESCOs, EM&V (Medição, Verificação e Avaliação), entre outros. O objetivo é desenvolver uma série de recursos e Guias de Aplicação que apoiarão este documento de Conceitos Básicos.

Como Presidente do Comitê do PIMVP, gostaria de pessoalmente agradecer à Diretoria Executiva do PIMVP, todos os nossos apoiadores, e aos voluntários do Comitê do PIMVP pelos seus esforços para realizar esta última versão dos Conceitos Básicos.

Tracy Phillips

Presidente do Comitê do PIMVP

Sumário

1.	Abrangência	1
2.	Referências Normativas	2
3.	Glossário	3
4.	Princípios	7
5.	Estrutura do PIMVP	9
5.1.	Fronteira de Medição	10
5.2.	Seleção dos Períodos de Medição	10
5.3.	Métodos de Ajuste	12
5.4.	Abordagens para contabilizar a economia de energia	12
5.5.	Verificação Operacional	15
6.	Opções do PIMVP	17
6.1.	Visão geral das opções do PIMVP	17
6.2.	Opções A & B: Isolação da AEE	20
6.3.	Opção A: Isolação da AEE, medição dos parâmetros chave	23
6.4.	Opção B: Isolação da AEE, medição de todos os parâmetros	25
6.5.	Opção C: Toda a instalação	26
6.6.	Opção D: Simulação Calibrada	31
7.	Planos e Relatórios de M&V Aderentes ao PIMVP	36
7.1.	Plano Aderente ao PIMVP	36
7.2.	Requisitos adicionais para o Plano de M&V sob a Opção A	42
7.3.	Requisitos adicionais para o Plano de M&V sob a Opção D	42
7.4.	Relatórios de M&V	43
8.	Aderência ao PIMVP	44

1. Abrangência

A Efficiency Valuation Organization (EVO) publica o Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance (PIMVP) e documentos relacionados, mostrados na figura abaixo, para apoiar a avaliação correta de investimentos em eficiência de energia e uso da água, gerenciamento da demanda e energia renovável ao redor do mundo. Adicionalmente aos Conceitos Básicos, diversos Guias de Aplicação mostrados na figura abaixo serão atualizados. Todos estes recursos, além de outros, podem ser encontrados na página da EVO da internet.

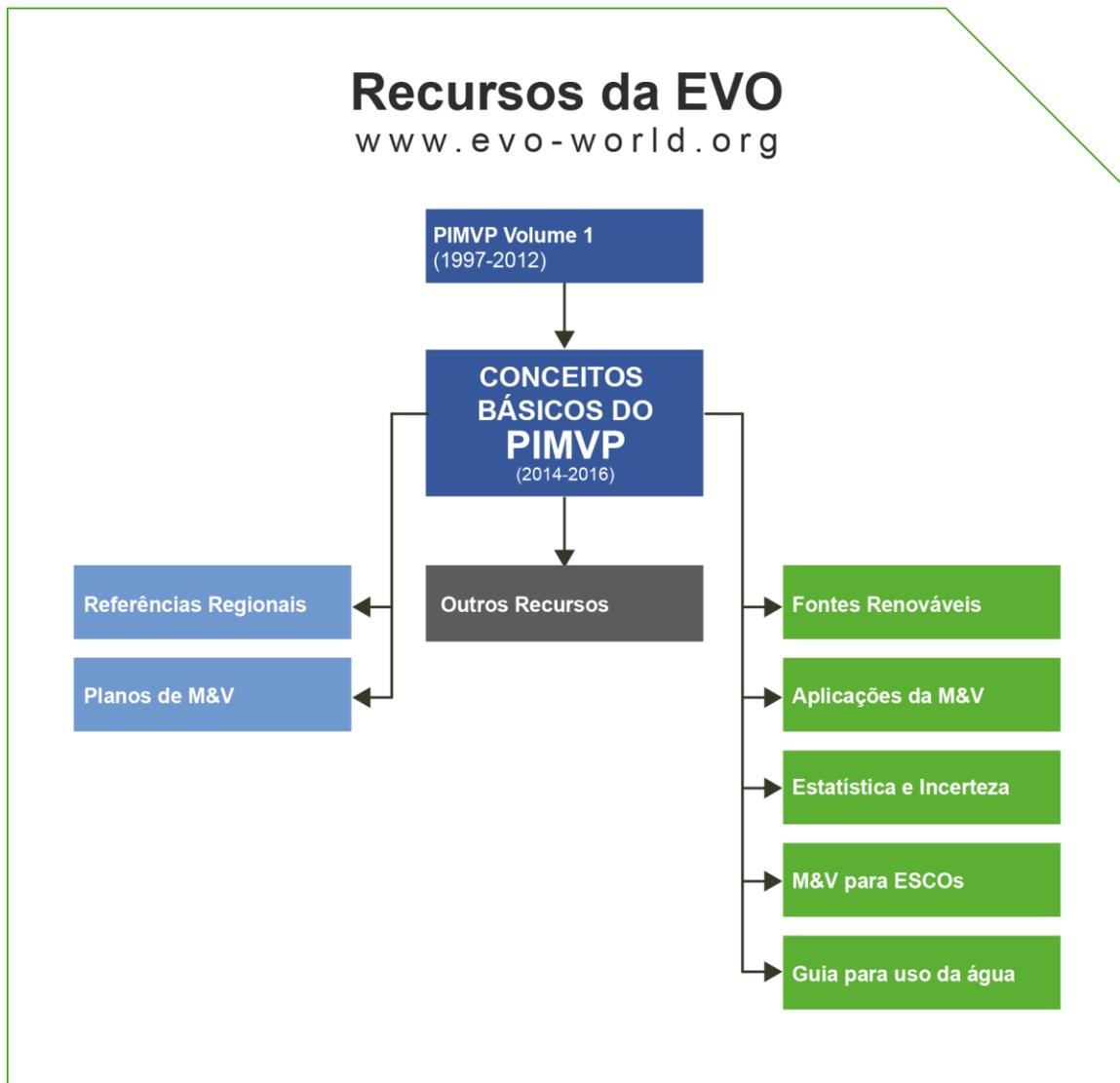


Figure 1. Diagrama dos Conceitos Básicos do PIMVP e Guias de Aplicação

2. Referências Normativas

As publicações relacionadas a seguir estão intimamente relacionadas ao PIMVP e podem ser de interesse na utilização dos conceitos apresentados neste documento. É intenção do PIMVP que outras publicações do ramo sejam usadas em conjunto com este documento. Para as referências datadas, somente as edições citadas se aplicam. Para as referências sem data, a última edição do referido documento, incluindo quaisquer alterações, se aplica.

- » M&V Guidelines: Measurement & Verification for Performance Based Contracts, Version 4.0, U.S. Department of Energy Federal Energy Management Program (FEMP)
- » ASHRAE Guideline 14: Measurement of Energy and Demand Savings
- » Italian Standard on Energy Service Companies UNI/CEI 11352
- » UNE-EN 15900:2010 Energy Efficiency Services Directive 2006/32/EC
- » U.K. Electricity Demand Reduction Scheme Pilot Phase II - Measurement and Verification Manual
- » U.K. Department of Energy and Climate Change - Guide to Energy Performance Contracting Best Practices
- » Transparence European Code of Conduct for Energy Performance Contracting

3. Glossário

Para os propósitos deste documento, os seguintes termos e definições se aplicam.

Nota: Para preservar a clareza do texto, embora referências explícitas à energia sejam feitas ao longo do documento, os métodos descritos para medir e verificar economias de energia aplicam-se igualmente às ações relativas ao uso da água e suas economias.

Ação de Eficiência Energética (AEE)

Uma ação ou conjunto de ações projetadas para melhorar a eficiência ou conservar energia, água, ou gerenciar a demanda.

Ajuste de Rotina

Cálculo de engenharia feito individualmente para levar em conta as mudanças esperadas no consumo de energia ou demanda devidas a mudanças nas *Variáveis Independentes* dentro da *Fronreira de Medição*.

Ajuste Não de Rotina

Cálculos de engenharia feitos individualmente a cada caso para levar em conta os efeitos devidos a mudanças nos *Fatores Estáticos* dentro da *Fronreira de Medição*.

Consumo Energético

Quantidade de energia aplicada a uma carga.

Consumo Energético e Demanda Evitados

Redução no *Consumo de Energia*, demanda ou custo ocorridos no *Período de Determinação da Economia* já ajustados às condições deste período, relativa ao *Período da Linha de Base*. O *Consumo Energético Evitado* é determinado ajustando-se a *Energia do Período da Linha de Base* às condições do *Período de Determinação da Economia* por meio dos *Ajustes de Rotina* e *Ajustes Não de Rotina*.

Contrato de Desempenho (ou *Performance*) Energético

Contrato entre duas ou mais partes onde os pagamentos são baseados nos resultados especificados encontrados, como custos com energia ou o tempo de retorno (*payback*) do investimento em um período estipulado.

Demanda

Uma medição da taxa em que trabalho é realizado ou energia é convertida.

Economia de energia

Valor, em unidades de energia, do consumo de energia, água ou redução de demanda obtido comparando-se os valores medidos antes e depois da implementação de uma *Ação de Eficiência Energética*, fazendo-se os devidos *Ajustes de Rotina* e *Não de Rotina* para as mudanças nas condições de uso da energia.

A economia de energia e respectiva redução de custos podem ser determinados e relatados na forma de *Consumo de Energia Evitada* ou *Economia Normalizada*.

Economia Normalizada

Redução do *Consumo Energético*, *demanda* ou custo que ocorre no *Período de Determinação da Economia*, relativa ao *Período da Linha de Base*, baseada em um conjunto comum de condições de uso da energia. As economias são determinadas ajustando-se os dados do *Período da Linha de Base* e do *Período de Determinação da Economia* ao conjunto comum de condições usando-se *Ajustes de Rotina* e *Ajustes Não de Rotina*. O conjunto comum de condições pode ser uma média de longo prazo destas condições ou um conjunto acordado de condições, diferente das do *Período de Determinação da Economia*.

Energia da Linha de Base Ajustada

Consumo do Período da Linha de Base modificado como parte de *Ajustes de Rotina* e *Não de Rotina* para levar em conta mudanças no Período de Determinação da Economia.

Energia do Período da Linha de Base

Consumo de energia e *demanda* ocorridos durante o *Período da Linha de Base*, sem ajustes.

Energia do Período de Determinação da Economia

Consumo de Energia e *Demanda* ocorridos durante o *Período de Determinação da Economia*, sem ajustes.

Efeito Interativo

Impactos energéticos gerados por uma *Ação de Eficiência Energética* que não podem ser medidos dentro da *Frenteira de Medição* definida.

Fator Estático

Características de uma instalação que afetam o *Consumo de Energia* e *Demanda*, dentro da *Frenteira de Medição* definida, porém esperadas que não se alterem e, portanto, não incluídas como variáveis independentes. Se se alteram, *Ajustes Não de Rotina* necessitam ser calculados para levar em conta essas mudanças.

Nota: *Essas características podem ser fixas, ambientais, operacionais ou de manutenção.*

Fronteira de Medição

Fronteiras imaginárias desenhadas em torno de equipamentos, sistemas ou instalações para segregar aqueles que são relevantes na determinação da economia de energia daqueles que não o são. Todos os *Consumos de Energia e Demandas* de equipamentos ou sistemas dentro da fronteira devem ser medidos ou estimados.

Linha de Base

Sistemas, período de tempo, uso da energia ou condições de uso que fornecem a referência para que o desempenho obtido após a aplicação de *Ação (ou ações) de Eficiência Energética (AEE)* possa ser comparado.

Medição de Proxy (representante)

Medição de um parâmetro substituindo a medição direta de um parâmetro energético, onde a relação entre as duas variáveis foi demonstrada no local.

Exemplo: *Se a relação foi provada, via medições, entre o sinal de saída de um controlador de velocidade variável e a potência consumida pelo ventilador sob controle, então o sinal de saída do controlador pode ser usado como uma medição **proxy** da potência do motor do ventilador.*

Medição e Verificação (M&V)

Processo de planejar, medir, coletar e analisar dados para o objetivo de verificar e determinar a economia de energia em uma instalação individual resultante da implementação de AEEs.

Parâmetro Chave

Variável crítica identificada como tendo um impacto significativo na economia de energia associadas com a implementação de uma *Ação de Eficiência Energética*.

Período da Linha de Base

Período de tempo definido, escolhido para representar a operação da instalação ou sistema antes da implementação de uma *Ação de Eficiência Energética (AEE)*.

Período de Determinação da Economia

Período de tempo definido, escolhido para o propósito de verificar as economias obtidas após a implementação de uma *Ação de Eficiência Energética*.

Sistema de Automação Predial (SAP)

Uma medição obtida do *sistema de controle* de um prédio para observar a tendência dos dados que será usada para estimar o desempenho operacional e energético de ações de eficiência energética. Os resultados serão então usados para calcular as economias de energia verificadas.

Uso Final da Energia

Utilização da energia em um propósito específico.

Exemplos: *Ventilação, iluminação, aquecimento, resfriamento, transporte, processo industrial, linha de produção.*

Valor Estimado

Parâmetros usados no cálculo da economia de energia determinados por meio de métodos diferentes de medição. Os métodos utilizados para estimar valores podem variar de suposições arbitrárias a estimas de engenharia baseadas em dados de desempenho fornecidos pelo fabricante do equipamento. Os valores de parâmetros obtidos a partir de testes de desempenho ou outras medições não efetuadas *in situ* são consideradas estimativas para fins de aderência ao PIMVP.

Variável Independente

Parâmetro esperado variar rotineiramente e que tem um impacto considerável no *Consumo de Energia* e/ou na *Demanda* de um sistema ou instalação.

Verificação Operacional

Confirmação que as *Ações de Eficiência Energética* foram instaladas, operando conforme o projeto e possuem o potencial para gerar as economias projetadas. A verificação operacional pode envolver inspeções, testes de desempenho funcional e/ou análise de tendência de dados.

4. Princípios

Os princípios chave do PIMVP abaixo fornecem a base para avaliar a aderência do processo de M&V.

Completo

A determinação da economia de energia deve considerar todos os efeitos de um projeto. As atividades de M&V devem quantificar os efeitos mais significativos por meio de medições, estimando os demais.

Conservador

Quando julgamentos forem feitos sobre quantidades incertas, os procedimentos de M&V devem ser especificados para estimar responsabilmente as economias de tal modo que não sejam superestimadas. Uma avaliação do impacto de um projeto deve ser feita para garantir que seus benefícios de economia de energia sejam razoáveis e conservadores, com a devida consideração do nível de confiança na estimativa.

Consistente

O resultado do desempenho energético de um projeto deve ser consistente e comparável entre:

- » Diferentes tipos de projetos de eficiência energética
- » Diferentes profissionais de gerenciamento energético para qualquer projeto
- » Diferentes períodos de tempo para o mesmo projeto
- » Projetos de eficiência energética e projetos de geração de nova energia.

Nota: *Consistente não significa idêntico, já que se há que convir que qualquer resultado empiricamente elaborado envolve julgamentos que podem não ser feitos identicamente por todos os analistas. Por meio da identificação de áreas chave de julgamentos, o PIMVP auxilia evitar inconsistências derivadas de falta de consideração de dimensões importantes.*

Preciso

Os resultados da M&V devem ser tão precisos quanto possa ser justificado pelo valor do projeto. Os custos de M&V devem ser normalmente 'pequenos' em relação ao valor da economia em avaliação. As despesas de M&V devem também ser consistentes com as implicações financeiras de se sub ou superestimar o desempenho de um projeto. A precisão da metodologia de M&V e seu custo devem ser avaliados como parte do desenvolvimento do projeto. O compromisso entre custo e precisão deve ser acompanhado por um maior conservadorismo quando houver um aumento de valores estimados e julgamentos. A consideração de todos os fatores que afetam a precisão de forma razoável é um princípio orientador do PIMVP.

Relevante

A determinação das economias deve ser baseada em medições feitas e informações relativas à instalação onde o projeto ocorre. O esforço para determinação das economias deve medir os parâmetros de desempenho de maior interesse, ou menos bem conhecidos, enquanto outros parâmetros menos críticos ou mais previsíveis podem ser estimados.

Transparente

Todas as atividades de M&V devem ser claramente documentadas e toda informação deve ser aberta. Informação aberta deve incluir a apresentação de todos os elementos do Plano de M&V e relatórios de economia. Todos os dados e informações coletadas, técnicas de preparação de dados, algoritmos, planilhas de cálculo, *softwares*, estimativas usadas e análises feitas devem seguir as práticas padrão do ramo tanto quanto possível, ser bem formatadas e documentadas – de tal forma que qualquer parte envolvida ou revisor externo de garantia de qualidade possa entender como os dados e análises foram usados no Plano de M&V e nos procedimentos de determinação da economia.

5. Estrutura do PIMVP

As economias de energia, água ou redução de demanda não podem ser medidas diretamente porque a economia representa a ausência de consumo de energia, água ou redução de demanda. Ao contrário, as economias são determinadas por meio da comparação do consumo ou demanda medidos antes e depois da implementação de um programa, fazendo-se os ajustes adequados para as mudanças nas condições de uso. A comparação do consumo ou demanda antes e depois da implementação deve ser feita em uma base consistente, usando a seguinte equação geral da M&V:

$$\text{Economia de energia} = \begin{aligned} & (\text{Energia do Período da Linha de Base} \\ & - \text{Energia do Período de Determinação da Economia}) \\ & \pm \text{Ajustes} \end{aligned} \quad (\text{Eq. 1})$$

A boa prática requer que a M&V seja integrada adequadamente ao processo de identificar, desenvolver, comprar os equipamentos e serviços necessários, instalar e operar as ações de eficiência energética. A estrutura do PIMVP requer que certas atividades ocorram em pontos chave neste processo e descreve outras importantes atividades que devem ser incluídas como parte de boas práticas de M&V. Esta seção descreve tais elementos chave da estrutura do PIMVP.

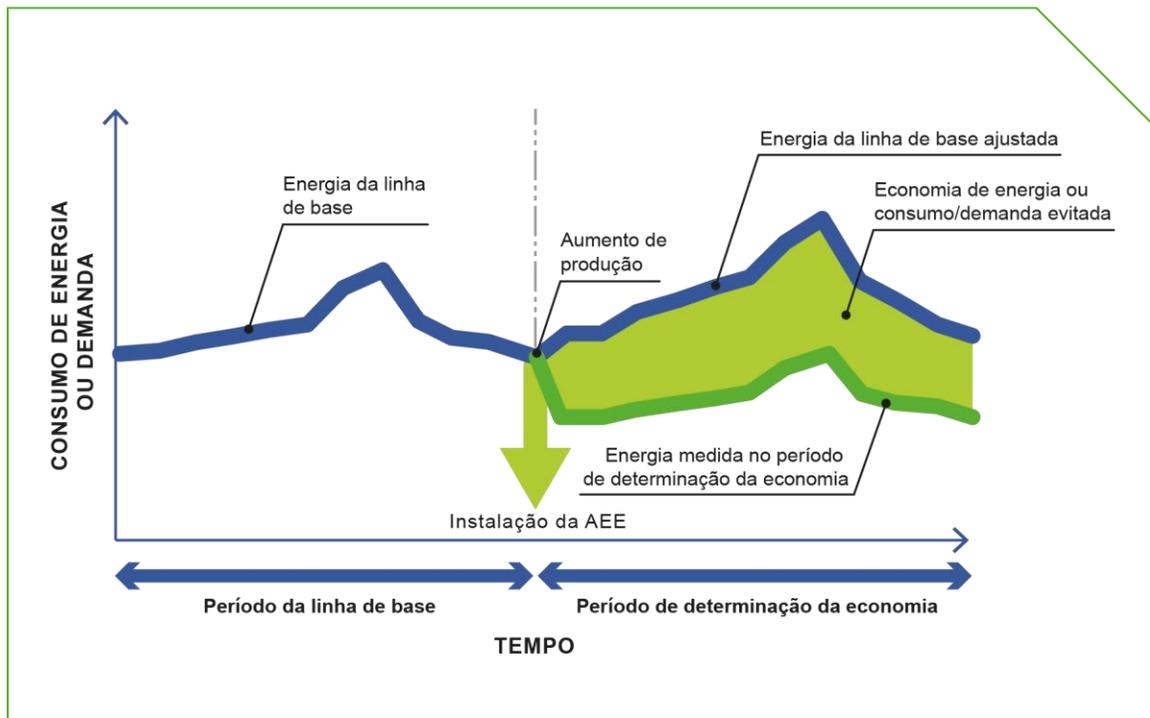


Figura 1. Economia de energia ou Consumo ou Demanda de Energia Evitada

5.1. Fronteira de Medição

A economia de energia pode ser determinada para a instalação inteira ou uma parte dela, dependendo das características da AEE e o objetivo da determinação da economia.

- » Se o objetivo da determinação da economia é verificar as economias dos equipamentos afetados pelo projeto da AEE, a fronteira de medição deve ser projetada em torno destes equipamentos e os procedimentos de medição podem então ser determinados. A abordagem utilizada é a Opção de Medição Isolada (Opções A e B, definidas no Capítulo 6). A determinação da energia pode ser feita por medição direta do fluxo energético ou por medição direta de proxies que podem ser usados para calcular de maneira confiável o consumo de energia e demanda.
- » Se o objetivo da determinação da economia é verificar e/ou apoiar a gestão do desempenho energético de toda a instalação, os medidores de entrada das concessionárias de energia podem ser usados para estimar o desempenho e as economias. A fronteira de medição neste caso engloba toda a instalação. A abordagem utilizada é a Opção de Toda a Instalação - Opção C, definida no Capítulo 6.
- » Se os dados do Período da Linha de Base ou do Período de Determinação da Economia não são confiáveis ou não estão disponíveis, os dados gerados por um programa de simulação calibrada podem substituir os dados faltantes, tanto para uma parte como para toda a instalação. A fronteira de medição deve ser estabelecida de acordo. A abordagem usada é a Opção de Calibração Simulada - Opção D, definida no Capítulo 6.
- » Quaisquer efeitos energéticos da AEE que ocorrerem fora da fronteira de medição selecionada são chamados de efeitos interativos. A magnitude de qualquer efeito interativo necessita ser estimada ou avaliada para determinar as economias associadas com as AEEs. Embora não seja o ideal, efeitos interativos podem ser ignorados em alguns casos desde que o Plano de M&V inclua uma discussão sobre cada um e sua provável magnitude seja pequena comparada com a economia dos efeitos principais.

5.2. Seleção dos Períodos de Medição

5.2.1. Período da Linha de Base

O período da linha de base deve ser selecionado com cuidado. Ele deve ser estabelecido para:

- » Representar os modos operacionais da instalação ou dos equipamentos em um ciclo de operação normal; o período deve expressar um ciclo operacional completo, desde o consumo de energia e demanda máximos até os mínimos.
- » Incluir somente períodos de tempo nos quais os fatos que determinam a variação da energia, tanto fixos como variáveis, sejam conhecidos na instalação.

Nota: *A extensão do período da linha de base para incluir múltiplos ciclos operacionais anteriores requer igual conhecimento dos fatores que determinam a variação da energia durante todo este período para se poder fazer os ajustes de rotina e não de rotina adequados depois da instalação da AEE*

- » Coincidir com o período imediatamente anterior ao compromisso de realizar a AEE.

Nota: *Períodos anteriores no tempo podem não refletir as condições de uso da energia antes da instalação da AEE e podem assim não fornecer uma linha de base apropriada para medir o efeito exclusivo da AEE.*

- » Apoiar o planejamento da própria AEE.

Nota: *o planejamento da AEE pode requerer o estudo de um período de tempo mais longo que o escolhido para a linha de base. O estudo destes períodos auxilia o planejador entender o desempenho energético da instalação e determinar a extensão real normal do ciclo de funcionamento.*

5.2.2. Período de Determinação da Economia

O desenvolvedor do Plano de M&V e relatórios de economia deve determinar a extensão do período de determinação da economia. Este período deve englobar pelo menos um ciclo operacional normal dos equipamentos ou instalação para caracterizar completamente a efetividade da economia de energia nos modos operacionais normais.

Alguns projetos podem interromper a determinação da economia após um período de teste, que pode variar de uma leitura instantânea a um ou dois anos. A extensão de qualquer período de determinação da economia deve ser determinada com a devida consideração da vida útil da AEE e probabilidade de degradação da economia originalmente encontrada no tempo.

Independentemente da extensão do período de determinação da economia, os medidores usados para a M&V podem permanecer instalados e fornecer dados operacionais para o gerenciamento da instalação e detectar eventuais futuras mudanças no desempenho energético.

Se a frequência de medição do desempenho for reduzida após uma prova inicial da economia obtida, outras atividades de monitoração no campo podem ser intensificadas para assegurar que a economia continua a existir.

As economias aderentes ao PIMVP só podem ser relatadas em períodos que usem procedimentos aderentes ao protocolo. Se economias aderentes ao PIMVP forem usadas como base para estimativa de economias futuras, estas economias futuras não aderem ao PIMVP. Ver o Capítulo 8 neste documento para mais informações sobre aderência ao protocolo.

5.3. Métodos de Ajuste

O termo de ajuste deve ser calculado a partir de fatos físicos identificáveis sobre as características que determinam a variação da energia nos equipamentos dentro da fronteira de medição. Dois tipos de ajustes são possíveis:

Ajustes de Rotina

Para qualquer fator que determine a variação da energia esperado mudar rotineiramente durante o período de determinação da economia (isto é, clima ou volume de produção), uma variedade de técnicas pode ser usada para definir a metodologia de ajuste. As técnicas podem ser tão simples como um valor constante (sem ajuste) ou tão complexas como equações não lineares com múltiplos parâmetros, cada um correlacionando a energia com uma ou mais variáveis independentes. Técnicas matemáticas válidas devem ser usadas para se obter o método de ajuste para cada Plano de M&V.

Ajustes Não de Rotina

Para aqueles fatores que determinam variação da energia que não se espera que mudem (por exemplo, o tamanho da instalação, o projeto e operação dos equipamentos instalados, o número de turnos de produção semanais, ou o tipo ou número de ocupantes), os fatores estáticos associados devem ser monitorados quanto à sua mudança durante o período de determinação da economia.

Desta forma, a economia pode ser expressa como:

Economia de Energia =	(Energia do Período da Linha de Base	
	– Energia do Período de Determinação da Economia)	
	± Ajustes de Rotina	(Eq. 2)
	± Ajustes Não de Rotina	

Os ajustes são usados para modificar os dados da energia do período da linha de base de modo a refletir o mesmo conjunto de condições dos dados medidos após a implantação da AEE. O mecanismo de ajuste depende se a economia deve ser determinada com base nas condições do período de determinação da economia ou normalizada para outro conjunto fixo de condições.

5.4. Abordagens para contabilizar a economia de energia

5.4.1. Base do Período de Determinação da Economia ou Consumo de Energia ou Demanda Evitados

Quando a economia de energia é determinada sob as condições do período de determinação da economia, ela pode também ser chamada de economia de energia deste período, ou consumo de

energia evitado. A economia de energia evitada quantifica a energia consumida contra a energia que teria sido consumida sem a AEE. Quando se calcula a economia nas condições do período de determinação da economia, a energia do período da linha de base deve ser ajustada às condições daquele período. O termo “previsão” é às vezes utilizado para descrever o ajuste da energia do período da linha de base às condições do período de determinação da economia. Este estilo comum de estimar as economias pode ser equacionado como:

Consumo de Energia Evitado =		±	(Energia do Período da Linha de Base		
			Ajustes de Rotina às Condições do Período de Determinação		(Eq. 3)
			± Ajustes Não de Rotina às Condições do Período de Determinação)		
			– Energia do Período de Determinação da Economia		

Esta equação é frequentemente simplificada para:

Consumo de Energia Evitado =			Energia da Linha de Base Ajustada		
			– Energia do Período de Determinação da Economia		(Eq. 4)
			± Ajustes Não de Rotina às Condições do Período de Determinação		

onde **Energia da Linha de Base Ajustada** é a energia do período da linha de base mais qualquer ajuste de rotina necessário para ajustá-la às condições do período de determinação da economia.

A energia da linha de base ajustada é frequentemente calculada desenvolvendo-se inicialmente um modelo matemático que correlaciona os dados energéticos do período da linha de base com as variáveis independentes apropriadas no mesmo período. As variáveis independentes medidas no período de determinação da economia são então inseridas no modelo matemático para se calcular a energia da linha de base ajustada.

Este processo de calcular a economia pode ser usado de maneira inversa, onde o consumo de energia e demanda do período de determinação da economia são ajustados às condições da linha de base e assim a economia é calculada sob as condições da linha de base. Embora não seja comum este processo, ele pode fazer sentido quando uma quantidade maior de dados estiver disponível no período de determinação da economia para desenvolver modelos matemáticos do consumo de energia e demanda. O termo “previsão retrospectiva” (*backcasting*) é às vezes utilizado para descrever este ajuste da energia do período de determinação da economia às condições da linha de base. Este estilo de economia pode ser equacionado como:

Consumo de Energia Evitado =			Energia da Linha de Base		
			– (Energia do Período de Determinação da Economia		(Eq. 5)
			± Ajustes de Rotina às Condições do Período da Linha de Base		
			± Ajustes Não de Rotina às Condições do Período da Linha de Base)		

Esta equação pode ser simplificada para:

Consumo de Energia Evitado =			Energia da Linha de Base		
			– Energia do Período de Determinação da Economia Ajustada		(Eq. 6)
			± Ajustes Não de Rotina às Condições do Período da Linha de Base		

5.4.2. Economia Normalizada

Outras condições diferentes daquelas do período de determinação da economia podem ser usadas como base para ajustes. As condições podem ser as do período da linha de base (como acima), outro período arbitrário ou um conjunto típico, médio ou normalizado de condições de uso da energia.

O ajuste para um conjunto fixo de condições (por exemplo, o clima de um ano meteorológico típico) fornece um tipo de economia de energia frequentemente chamado de economia normalizada do período de determinação da economia. Neste método, a energia do período de determinação da economia e possivelmente a do período da linha de base são ajustadas das suas condições reais para um conjunto comum fixo ou normalizado de condições selecionado. Outro termo para descrever o processo de estabelecer a economia de energia sob um conjunto de condições diferente daqueles da linha de base e do período de determinação da economia é encadeamento.

Economia	(Energia do Período da Linha de Base	
Normalizada =	± Ajustes de Rotina às Condições Fixas	
	± Ajustes Não de Rotina às Condições Fixas)	
	– (Energia do Período de Determinação da Economia	(Eq. 7)
	± Ajustes de Rotina às Condições Fixas	
	± Ajustes Não de Rotina às Condições Fixas)	

O cálculo do termo de ajuste de rotina do período de determinação da economia usualmente envolve o desenvolvimento de modelo matemático correlacionando a energia deste período com as variáveis independentes no mesmo período. Este modelo é então usado para ajustar a energia do período de determinação da economia às condições fixas escolhidas. Além disso, se o conjunto fixo de condições não é aquele do período da linha de base, um modelo matemático da energia da linha de base também é utilizado para ajustar a energia deste período às condições fixas escolhidas.

5.4.3. Períodos Adjacentes de Medição (Teste liga/desliga)

Quando uma AEE puder ser facilmente ativada e desativada, os períodos da linha de base e determinação da economia podem ser selecionados de modo a serem adjacentes no tempo. Uma mudança na lógica de controle é um exemplo de AEE que pode usualmente ser rapidamente removida e reinstalada sem afetar negativamente a operação da instalação.

Tais testes liga/desliga envolvem medições de energia com a AEE ativada e então imediatamente desativada, de modo que o modo de operação anterior à AEE (linha de base) retorna. A diferença no consumo de energia e demanda entre os dois períodos de medição adjacentes é a economia gerada pela AEE. A economia é calculada sem ajustes se os fatores que influenciam a energia forem os mesmos nos dois períodos adjacentes.

Economia =	Consumo ou Demanda da Linha de Base	
	– Consumo ou Demanda do Período de Determinação da Economia	(Eq. 8)

Esta técnica pode ser aplicada tanto com as opções de medição isolada quanto de toda a instalação; entretanto, a fronteira de medição deve ser localizada de tal forma que seja possível rapidamente identificar-se uma diferença significativa na leitura do consumo de energia e demanda quando os equipamentos ou sistemas são ligados ou desligados.

Os períodos adjacentes de medição usados para o teste liga/desliga devem ser suficientemente longos para representar uma operação estável. Os períodos devem também cobrir a faixa normal de operação dos equipamentos ou instalação. Para cobrir esta faixa, o teste pode necessitar ser repetido sob diferentes modos operacionais como estações do ano ou taxas de produção.

As AEEs que podem ser facilmente ligadas e desligadas para tal teste podem correr o risco de ficar acidentalmente ou propositalmente desligadas quando deveriam estar ligadas. Esforços devem ser feitos para assegurar a persistência de tais AEEs.

5.4.4. Bases para Ajustes ou Tipos de Economia

Os fatores a considerar para se escolher entre consumo de energia evitado e economia normalizada incluem:

Cálculo da economia como energia evitada

- » A economia calculada é dependente das condições operacionais do período de determinação da economia. Mesmo quando a economia for devidamente ajustada para fenômenos como o clima, as economias determinadas dependem das condições climáticas que ocorrerem no período de determinação da economia.

Economia normalizada

- » A economia calculada não é afetada pelas condições do período de determinação da economia, uma vez que as condições normalizadas, uma vez fixadas, não mudam mais.
- » Podem ser diretamente comparadas com economias de outras AEEs calculadas sob o mesmo conjunto de condições fixas.
- » Só podem ser determinadas após um ciclo completo do período de determinação da economia, para que uma correlação matemática entre a energia e as condições operacionais possa ser estabelecida.

5.5. Verificação Operacional

A verificação operacional consiste em um conjunto de atividades que visa assegurar que a AEE está corretamente instalada, testada e operando conforme planejado.

A verificação operacional serve como um passo inicial de baixo custo para estimar o potencial de economia ou verificar o desempenho ao longo do tempo e deve ser incluída no Plano de M&V e preceder qualquer outra verificação da economia após a instalação da AEE. A verificação operacional

não é necessariamente de responsabilidade do instalador da AEE, porém deve ser verificada e documentada como parte do esforço da M&V.

Um conjunto de métodos de verificação operacional é apresentada na Tabela 1. Como se pode ver na tabela, a seleção da melhor abordagem para a verificação operacional depende das características da AEE, o nível de incerteza envolvido e a magnitude das incertezas sob risco. Os dados coletados durante a verificação operacional podem ser usados para a M&V.

Em uma análise independente da economia declarada, adicionalmente à verificação física da instalação, o revisor deve executar atividades necessárias para confirmar que a AEE é baseada em princípios científicos sólidos e que existe evidência independente para apoiar as estimativas de ganhos de eficiência *ex ante* (antes da M&V).

Tabela 1. Tipos de abordagem para a Verificação Operacional

Tipo de abordagem	AEE típica para aplicação	Atividades
Inspeção visual	A AEE terá o desempenho previsto quando adequadamente instalada. A medição direta do desempenho da AEE não é possível.	Ver e verificar a instalação física da AEE (por exemplo, janelas, isolamento, elementos passivos)
Medições de curto prazo em amostras	O desempenho da AEE pode diferir dos dados do fabricante dependendo de detalhes da instalação ou do carregamento dos equipamentos.	Medir o(s) parâmetro(s) chave para uma amostragem representativa da instalação da AEE.
Teste de desempenho de curto prazo	O desempenho da AEE pode variar dependendo do carregamento real, controles ou interoperabilidade dos equipamentos.	Testes de funcionamento e controle adequados. Medir os parâmetros chave. Pode necessitar executar o teste até capturar a faixa completa de operação do equipamento ou coletar dados durante período suficiente para caracterizar a faixa completa de operação.
Tendência de dados e análise da lógica de controle	O desempenho da AEE pode variar dependendo da carga real e controles. Os equipamentos ou sistema são monitorados e controlados por um Sistema de Automação de Edifício (SAE) ou pode ser monitorado por medidores independentes.	Configurar tendências e analisar dados ou lógica de controle. O período de medição pode durar de alguns dias a algumas semanas, dependendo do período necessário para capturar toda a gama de desempenho.

A verificação operacional pode ser integrada aos esforços de comissionamento, coordenando atividades de coleta e análise de dados, e os resultados podem ser usados tanto para apoiar os esforços para quantificar a M&V quanto determinar o desempenho adequado da AEE. Ao longo do tempo, à medida que os esforços de M&V continuem em anos subsequentes ao período de determinação da economia, a verificação operacional pode continuar para avaliar o desempenho adequado das AEEs, ajudando a assegurar a persistência das economias ano após ano.

6. Opções do PIMVP

6.1. Visão geral das opções do PIMVP

O PIMVP fornece várias opções para se desenvolver e implementar um processo de M&V de qualidade. Estas opções estão relacionadas ao conceito de fronteira de medição descrito acima. Adicionalmente, diversos métodos para calcular a economia estão disponíveis. Cada um deles requer dados de consumo de energia, demanda e outros parâmetros. Esta seção descreve as opções do PIMVP e os métodos para determinar a economia de energia. O PIMVP fornece quatro Opções para determinar a economia de energia (A, B, C e D). A escolha da opção envolve várias considerações, incluindo a localização da fronteira de medição da AEE. As quantidades de energia nas diferentes equações para cálculo da economia de energia podem ser medidas por uma ou mais das seguintes técnicas:

- » Faturas das concessionárias ou fornecedores de energia ou leituras do medidor da concessionária, fazendo-se os mesmos ajustes daquelas.
- » Medidores específicos para isolação da AEE ou parte da instalação. As medições podem ser periódicas por intervalos curtos ou contínuas durante os períodos da linha de base ou determinação da economia.
- » Medições separadas de parâmetros utilizados no cálculo do consumo de energia e demanda.
- » Medições de proxies (representantes) comprovados para determinação do consumo de energia e demanda.
- » Simulação por computador, calibrada para dados reais de desempenho do sistema ou instalação modelada.

Se um parâmetro energético já é conhecido com uma precisão adequada ou quando o custo de medição for mais caro que a diminuição da incerteza possa justificar, sua medição pode não ser necessária ou apropriada. Nestes casos, podem-se estimar alguns parâmetros da AEE, porém outros devem obrigatoriamente ser medidos (somente para a Opção A).

Se a determinação da economia for feita para toda a instalação, as Opções C ou D podem ser mais viáveis. Entretanto, se somente o desempenho da AEE propriamente dita está em questão, uma técnica de isolação da AEE pode ser mais adequada (Opções A, B ou D). A Tabela 2 resume as quatro opções detalhadas nesta seção.

Tabela 2. Visão geral das Opções do PIMVP

Opção do PIMVP	Definição	Cálculo da economia	Aplicação típica
<p>A.</p> <p>Isolação da AEE: medição dos parâmetros chave</p>	<ul style="list-style-type: none"> » A economia é determinada pela medição no campo dos parâmetros chave, que definem o consumo de energia ou demanda dos sistemas afetados pela AEE ou o sucesso do projeto. » A frequência de medição varia desde medições de curto prazo até contínua, dependendo da variação esperada do parâmetro medido e da duração do período de determinação da economia. Os parâmetros não selecionados para medição no campo são valores estimados. As estimativas podem ser baseadas em dados históricos, especificação do fabricante ou juízo de engenharia. » A fonte da justificativa da estimativa é requerida. O erro plausível derivado da estimativa deve ser avaliado. 	<ul style="list-style-type: none"> » Cálculo de engenharia da energia da linha de base e do período de determinação da economia baseado em: medições de curto prazo a contínua dos parâmetros e valores estimados » Ajustes de rotina e não de rotina como requerido. Parâmetros chave medidos durante ambos os períodos da linha de base e determinação da economia. 	<ul style="list-style-type: none"> » AEE de iluminação onde a potência é o parâmetro chave medido e as horas de operação estimadas com base na programação da instalação e hábito dos ocupantes.
<p>B.</p> <p>Isolação da AEE: medição de todos os parâmetros</p>	<ul style="list-style-type: none"> » A economia é determinada pela medição no campo do consumo de energia e demanda e/ou variáveis independentes ou <i>proxies</i> dos sistemas afetados pela AEE. » A frequência de medição varia desde medições de curto prazo até contínua, dependendo da variação esperada do parâmetro medido e da duração do período de determinação da economia. 	<ul style="list-style-type: none"> » Medições de curto prazo a contínua da energia dos períodos de linha de base e determinação, ou cálculos de engenharia usando medições de <i>proxies</i> do consumo da energia e demanda. » Ajustes de rotina e não de rotina como requerido. 	<ul style="list-style-type: none"> » Aplicação de acionador de velocidade variável em motor para ajustar a vazão de bomba. Medir a potência com um wattímetro instalado na alimentação elétrica do motor, com leituras a cada minuto. Medir por uma semana na linha de base para verificar a potência constante. Medir durante o período de determinação o consumo e a demanda.

Opção do PIMVP	Definição	Cálculo da economia	Aplicação típica
<p style="text-align: center;">C. Toda a instalação</p>	<ul style="list-style-type: none"> » A economia é determinada pela medição do consumo de energia e demanda de toda a instalação pelo medidor da concessionária. » Medições contínuas do consumo de energia e demanda de toda a instalação são feitas durante o período de determinação da economia. 	<ul style="list-style-type: none"> » Análise dos dados do medidor da concessionária nos períodos de linha de base e determinação da economia. » Ajustes de rotina como requerido, usando técnicas como simples comparação ou análise de regressão. » Ajustes não de rotina como requerido. 	<ul style="list-style-type: none"> » Programas de gestão energética multifacetados afetando muitos sistemas energéticos em uma instalação. Medir o consumo de energia e demanda com os medidores das concessionárias de gás e energia elétrica por doze meses na linha de base e durante o período de determinação da economia.
<p style="text-align: center;">D. Simulação calibrada</p>	<ul style="list-style-type: none"> » A economia é determinada através da simulação do consumo de energia e demanda de toda a instalação ou parte dela. » Rotinas de simulação demonstram que o desempenho energético da instalação é adequadamente modelado. » Esta opção requer habilidade considerável para calibrar a simulação. 	<ul style="list-style-type: none"> » Simulação do consumo de energia e demanda calibrada com dados horários ou mensais da conta de energia. Medidores em usos finais e medições de desempenho podem ser usados para refinar o modelo. 	<ul style="list-style-type: none"> » Programas de gestão energética multifacetados afetando muitos sistemas energéticos em uma instalação onde não havia medidores no período da linha de base. » As medições do consumo de energia e demanda, após a instalação de medidores de gás e eletricidade, são usadas para calibrar a simulação. » A energia da linha de base, determinada pela simulação calibrada, é comparada com a simulação do período de determinação da economia.

6.2. Opções A & B: Isolação da AEE

6.2.1. Visão geral

A isolação da AEE permite o estreitamento da fronteira de medição para reduzir o esforço requerido para monitorar as variáveis independentes e fatores estáticos quando a AEE afeta somente uma parte da instalação. No entanto, fronteiras mais estreitas que a instalação completa requerem medidores adicionais na sua fronteira. Estreitar a fronteira de medição também introduz a possibilidade de *vazamentos* por meio de efeitos interativos não medidos.

Já que as medições são de apenas parte do consumo da instalação, os resultados das técnicas de isolação da AEE podem não aparecer totalmente nas contas de energia. Mudanças na instalação além da fronteira de medição, não relacionadas à AEE, não serão percebidas pela medição isolada da AEE, porém afetarão a leitura de consumo de energia e demanda do medidor da concessionária.

São apresentadas duas opções para isolar o consumo de energia e demanda dos equipamentos afetados pela AEE do resto da instalação:

- » **Opção A:** Isolação da AEE: Medição dos Parâmetros Chave
- » **Opção B:** Isolação da AEE: Medição de Todos os Parâmetros

O medidor de isolação deve ser colocado na fronteira de medição entre os equipamentos afetados pela AEE e os demais. Quando projetando a fronteira de medição, deve-se ter cuidado para considerar qualquer fluxo de energia afetado pela AEE que estejam além da fronteira. Um método deve ser elaborado para estimar tais efeitos interativos. Entretanto, se a fronteira de medição puder ser expandida para abranger os efeitos interativos, não há necessidade de os estimar.

À parte de pequenos efeitos interativos estimados, a fronteira de medição define os pontos de medição e a abrangência dos ajustes, que podem ser usados nas diversas formas das equações de economia de energia. Somente as mudanças dos sistemas energéticos e variáveis operacionais dentro da fronteira de medição devem ser monitoradas para elaborar os ajustes aos termos da equação.

Os parâmetros podem ser medidos por curtos períodos ou de forma contínua. A magnitude da variação esperada no parâmetro deve orientar a decisão de se medir contínua ou periodicamente. Onde um parâmetro é esperado não variar, 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 com medições para verificar se o parâmetro é constante. Uma vez provado que é constante, a frequência de medição pode ser reduzida ou a medição interrompida. Para manter o controle da economia quando a frequência de medição cai, inspeções mais frequentes ou outros testes podem ser feitos para verificar a operação adequada. Em um projeto onde o implementador é responsável pelo risco de desempenho, porém não pela operação e manutenção da AEE, o parâmetro chave pode ser acordado constante após a medição inicial com inspeções durante o período de determinação da economia para validar a sua constância e valor.

A medição contínua dá uma maior certeza na determinação da economia e mais informação sobre a operação dos equipamentos. Esta informação pode ser usada para melhorar ou otimizar a operação dos equipamentos em uma base de tempo real, aumentando assim os benefícios da AEE em si.

Se a medição não for contínua e os medidores removidos entre leituras, a localização da medição e a especificação dos medidores devem ser registradas no Plano de M&V, em conjunto com o procedimento de calibração do medidor. Quando um parâmetro é esperado ser constante, a medição pode ser feita uma única vez ou ser curta e ocasional. Quando um parâmetro puder variar periodicamente, as medições ocasionais devem acontecer em períodos representativos do comportamento normal do sistema.

Quando um parâmetro puder variar diariamente ou de hora em hora, como em muitos sistemas de condicionamento ambiental em edifícios, a medição contínua pode ser a solução mais simples. Para cargas que dependem das condições climáticas, as medições devem ser feitas durante um período longo o suficiente para adequadamente caracterizar o padrão de carga de todas as partes de seu ciclo normal anual (ou seja, cada estação, e dias de semana e fins de semana) e repetida como necessário durante o período de determinação da economia.

Quando versões múltiplas da mesma AEE forem incluídas dentro da fronteira de medição, amostras estatisticamente válidas podem ser usadas como medições válidas do parâmetro global.

Medidores portáteis podem ser usados se forem necessárias somente medições de curto prazo. Os custos dos medidores portáteis podem ser compartilhados com outros objetivos. Entretanto, medidores permanentemente instalados fornecem *feedback* para o pessoal de operação ou equipamentos de controle automático para otimização dos sistemas. Os medidores adicionais podem também ser usados para rateio do consumo entre usuários individuais ou departamentos na instalação.

6.2.2. Questões de medição

A isolamento da AEE requer usualmente a adição de medidores específicos, instalados de forma provisória, por curto tempo, ou de forma permanente. Estes medidores podem ser instalados durante um diagnóstico energético para auxiliar na caracterização do consumo energético e demanda antes do projeto da AEE, ou durante as medições da linha de base para elaboração do Plano de M&V.

Deve-se seguir as boas práticas metrológicas para permitir o cálculo da economia de energia com uma precisão e repetibilidade razoáveis. As práticas metrológicas estão em constante evolução com o aperfeiçoamento dos equipamentos de medição. Desta forma, devem-se utilizar as práticas metrológicas mais recentes para apoiar o cálculo da economia de energia.

6.2.2.1. Medições de eletricidade

Para medir a potência elétrica de forma precisa, deve-se medir a tensão, a corrente e o fator de potência, ou usar um wattímetro de valor eficaz verdadeiro (*true RMS*) em um único instrumento. A medição exclusiva da tensão e corrente (sem o fator de potência) pode definir a potência em cargas puramente resistivas, como as lâmpadas incandescentes e aquecedores a resistência sem

ventiladores. Ao medir a potência elétrica, certificar-se que a forma de onda não está distorcida por outros equipamentos na instalação. Os wattímetros de valor eficaz verdadeiro, digitais de estado sólido, levam em conta adequadamente a distorção existente nos circuitos de corrente alternada.

Deve-se medir a demanda elétrica no mesmo intervalo em que o medidor da concessionária determina o pico da potência para o faturamento. Esta medição requer normalmente um registro contínuo da demanda no submedidor da AEE. Deste registro, deve-se ler a demanda no exato intervalo em que o medidor da concessionária registrar o pico. A concessionária deve revelar o intervalo de pico na fatura ou por um relatório específico.

Os métodos de medição da demanda variam entre concessionárias. O método utilizado pelo submedidor deve replicar o método utilizado pela concessionária nos medidores relevantes. Cuidado deve ser tomado para assegurar que a carga da AEE é medida pelo método da concessionária, de tal forma que picos de carga de muito curta duração, que podem ser diferentemente quantificados por intervalos fixos e móveis, sejam representados adequadamente.

6.2.2.2. Calibração

Os medidores devem ser calibrados como recomendado pelo fabricante e seguindo os procedimentos de autoridades metrológicas reconhecidas. Padrões primários e instrumentos padrão rastreáveis a uma ordem não maior que a terceira devem ser utilizados quando possível. Os sensores e medidores devem ser selecionados com base também na sua facilidade de calibração e capacidade de mantê-la ao longo do tempo – uma solução atrativa é a escolha de instrumentos autocalibrados.

6.2.2.3. Melhores aplicações

As técnicas de isolamento da AEE são mais bem aplicadas quando:

- » Somente o desempenho dos sistemas afetados pela AEE está sob questão, seja pela responsabilidade concernente às partes em um contrato de desempenho energético, seja por ser a economia muito pequena para ser detectada utilizando-se a Opção C.
- » Os efeitos interativos da AEE no consumo de energia e demanda de outros equipamentos da instalação podem ser razoavelmente estimados ou assumidos como insignificantes.
- » As possíveis mudanças na instalação, além da fronteira de medição, seriam difíceis de identificar ou avaliar.
- » O monitoramento das variáveis independentes que afetam o consumo de energia e demanda não é muito difícil ou caro.
- » Já existem submedidores para isolar o consumo de energia e demanda dos sistemas afetados pela AEE.
- » Os medidores adicionados na fronteira de medição podem ser usados para outros propósitos como feedback operacional ou subfaturamento.

- » A medição dos parâmetros é mais barata que as simulações da Opção D ou os ajustes não de rotina da Opção C.
- » Não há necessidade de relacionar diretamente a energia economizada com as variações das contas de energia.

6.3. Opção A: Isolação da AEE, medição dos parâmetros chave

6.3.1. Visão geral

Sob a Opção A, isolação da AEE: medição dos parâmetros chave, as quantidades de energia são definidas pelas equações do Capítulo 5. A economia é calculada usando-se uma combinação de medições de alguns parâmetros e estimativa de outros. Tais estimativas somente devem ser usadas quando pode ser mostrado que a incerteza combinada de todas as estimativas não afetará significativamente a economia determinada. Deve-se decidir quais parâmetros medir e quais estimar considerando-se a contribuição individual para a incerteza global da economia. Os valores estimados e a análise de sua importância devem constar do Plano de M&V. As estimativas podem ser baseadas em dados históricos, como as horas registradas no período da linha de base, dados nominais do fabricante, testes de laboratório ou dados meteorológicos típicos.

Se um parâmetro, como as horas de uso, é sabido ser constante e não se espera que seja afetado pela AEE, a sua medição no período da linha de base ou no período de determinação da economia é suficiente. A medição de tal parâmetro no período de determinação da economia pode ser considerada uma medição na linha de base e vice-versa.

Quando um parâmetro, sabido variar independentemente da energia, não é medido na instalação durante ambos os períodos da linha de base e determinação da economia, deve ser tratado como um *valor estimado*.

Cálculos de engenharia ou modelagem matemática podem ser usados para avaliar o significado dos erros para estimar qualquer parâmetro na determinação da economia. O efeito combinado das estimativas deve ser avaliado antes de se determinar se há medições suficientes para o cálculo da economia de energia.

A seleção de quais fatores medir pode também ser considerada em relação aos objetivos do projeto ou às obrigações do executante ao assumir os riscos de desempenho da AEE. Quando um fator for significativo para avaliar o desempenho, ele deve ser medido. Outros fatores fora do controle do executante podem ser estimados.

Ao planejar um procedimento sob a Opção A, deve-se considerar tanto a variação na energia da linha de base quanto o impacto da AEE no consumo de energia antes de estabelecer que parâmetros serão medidos e por qual período. Os três exemplos a seguir mostram o leque de cenários que podem advir:

- » A AEE reduz uma carga constante sem alterar as horas de operação.
- » A AEE reduz as horas de operação sem alterar a carga.
- » A AEE reduz tanto a carga dos equipamentos quanto as horas de operação.

Em geral, as condições de carga variável ou horas de operação variáveis requerem medições e cálculos mais rigorosos.

6.3.2. Cálculos

Sob a Opção A, pode não haver necessidade de ajustes, tanto de rotina como não de rotina, dependendo da localização da fronteira de medição, da natureza dos *valores estimados*, da extensão do período de determinação da economia, ou do intervalo entre as medições da linha de base e do período de determinação da economia.

Da mesma forma, as medições dos períodos da linha de base e determinação da economia podem envolver a medição de apenas um parâmetro e a estimativa dos demais. Assim, em alguns casos, a equação geral pode ser simplificada para:

Economia Opção A =	Horas de uso	
	x (Taxa de uso da energia no período da linha de base	(Eq. 9)
	– Taxa de uso da energia no período de determinação da economia)	

6.3.3. Verificação da instalação

Já que alguns valores podem ser estimados sob a Opção A, deve-se tomar muito cuidado para analisar o projeto de engenharia e sua instalação para assegurar-se que as estimativas são realistas, alcançáveis e baseadas em equipamentos que podem de fato produzir as economias como desejado.

A intervalos definidos durante o período de determinação da economia, a instalação deve ser reinspecionada para verificar a permanência dos equipamentos e suas corretas operação e manutenção. Estas reinspeções assegurarão a permanência do potencial para gerar as economias previstas e validar os valores estimados. A frequência destas reinspeções é determinada pela probabilidade de alterações no desempenho do sistema. Esta probabilidade, por sua vez, pode ser estabelecida por meio de inspeções iniciais mais frequentes para se avaliar as condições de estabilidade de permanência e desempenho dos equipamentos.

6.3.4. Custos

A determinação da economia sob a Opção A pode ser mais barata que sob outras opções, já que o custo de estimar um parâmetro é frequentemente bem mais barato que o custo de sua medição. Entretanto, em algumas situações, onde a estimativa é o único caminho a tomar, uma boa *estimativa de um valor* pode ser mais cara que se uma medição direta fosse possível. O planejamento dos custos na Opção A deve considerar todos os seus elementos: análise, estimativa, instalação de medidores e os custos seguintes para ler e registrar as medições.

6.3.5. Melhores aplicações

A Opção A é mais bem aplicada onde:

- » A estimativa de parâmetros não chave pode evitar possíveis dificuldades para ajustes não de rotina quando ocorrerem mudanças dentro da fronteira de medição.
- » A incerteza criada pelas estimativas é aceitável.
- » A efetividade continua da AEE pode ser estimada por um simples novo teste ou reinspeção dos parâmetros chave.
- » A estimativa de alguns parâmetros é mais barata que a sua medição sob a Opção B ou simulação sob a Opção D.
- » Os parâmetros chave usados para avaliar o desempenho de um projeto ou do executante no cálculo da economia podem ser facilmente identificados.

6.4. Opção B: Isolação da AEE, medição de todos os parâmetros

6.4.1. Visão geral

A Opção B: Isolação da AEE: medição de todos os parâmetros requer a medição das grandezas, ou parâmetros, necessários para calcular a economia de energia usando as Equações 1 e 2 do Capítulo 5. A economia criada por muitos tipos de AEEs podem ser determinadas pela Opção B. Entretanto, o grau de dificuldade e custos aumenta à medida que aumenta a complexidade da medição. Os métodos sob a Opção B serão na maioria das vezes mais difíceis e caros que os da Opção A. No entanto, a Opção B trará um resultado mais certo quando a carga ou a economia apresentar padrões variáveis. Os custos adicionais podem ser justificáveis se o executante for responsável por outros fatores, além do desempenho, que afetam a economia.

6.4.2. Cálculos

As Equações 1 e 2 do Capítulo 5 são usadas em cálculos da economia aderentes ao PIMVP. Entretanto, sob a Opção B, pode não haver a necessidade de ajustes, de rotina ou não de rotina, dependendo da localização da fronteira de medição, da extensão do período de determinação da economia, ou do intervalo de tempo entre os períodos de medição da linha de base e determinação da economia. Assim, em alguns casos sob a Opção B, a equação geral pode ser simplificada para:

$$\text{Economia Opção B} = \frac{\text{Energia do Período da Linha de Base}}{\text{Energia do Período de Determinação da Economia}} \quad (\text{Eq. 10})$$

6.4.3. Melhores aplicações

A Opção B é mais bem aplicada onde:

- » Os medidores adicionados para a isolação serão utilizados para outros objetivos como feedback operacional ou rateio da energia.
- » A medição dos parâmetros é mais barata que a simulação sob a Opção D.
- » A economia ou operação do sistema dentro da fronteira de medição é variável.

6.5. Opção C: Toda a instalação

6.5.1. Visão geral

A Opção C envolve o uso dos medidores das concessionárias de energia, medidores de toda a instalação, ou submedidores para estimar o desempenho energético de toda a instalação. A fronteira de medição engloba toda a instalação ou uma grande parte dela. Esta opção determina a economia conjunta de todas as AEEs aplicadas à parte da instalação monitorada pelo medidor de energia. Da mesma forma, desde que se usam medidores de toda a instalação, as economias determinadas pela Opção C incluem os efeitos positivos e negativos de quaisquer alterações não ligadas às AEEs feitas no interior da instalação.

A Opção C de toda a instalação é destinada a projetos onde a economia esperada é grande comparada às variações da energia aleatórias ou inexplicáveis que ocorrem no consumo total da instalação. Os modelos matemáticos de regressão descrevem quão bem as variáveis independentes explicam a variação no consumo de energia, porém não levam em conta todas as diferenças entre o consumo real e o modelo. Se a economia for grande comparada às variações inexplicáveis no período da linha de base será mais fácil identificar a economia. Também se o período de análise após a AEE for grande, mais dados estarão disponíveis, e menos significativo será o impacto das variações inexplicáveis de curto prazo.

Como regra de ouro, se somente os dados mensais da conta de energia de consumo e demanda estão disponíveis, a economia deve ser maior que 10% da energia do período da linha de base para que haja uma separação confiável da economia das variações inexplicáveis dos dados da linha de base.

Quando estiverem disponíveis dados de consumo da energia em intervalos mais curtos, o número de pontos de dados é muito maior, e podem-se usar modelos matemáticos avançados de maior precisão que os modelos lineares usados na análise de dados mensais. Desta forma, estes modelos de intervalos curtos e algoritmos avançados podem ser capazes de verificar uma economia esperada menor que 10% do consumo de energia da linha de base. Em ambos os casos, se requer uma estimativa da precisão do modelo da linha de base contra a economia esperada e a duração do período de monitoramento.

Identificar as mudanças na instalação que requerem ajustes não de rotina é o desafio principal associado à Opção C, em especial quando a economia é monitorada em longos períodos. Desta forma, inspeções periódicas devem ser realizadas em todos os equipamentos e procedimentos operacionais na instalação durante o período de determinação da economia. Estas inspeções devem identificar as mudanças nos fatores estáticos ocorridas a partir das condições do período da linha de base. Tais inspeções podem ser parte de um monitoramento sistemático para assegurar que os métodos operacionais previstos estão em execução. Uma alternativa mais barata, principalmente em instalações ou projetos menores, pode ser acompanhar o desempenho energético no tempo, normalizado para as condições operacionais, e inspecionar a instalação quando o desempenho ajustado mostrar uma variação persistente.

6.5.2. Questões sobre dados de energia

Quando a alimentação energética é medida apenas em um ponto central num grupo de instalações, é necessário acrescentar submedidores em cada instalação ou grupo de instalações nas quais o desempenho é avaliado.

A medição do fluxo de determinado energético pode ser medido por vários medidores numa instalação. Se o sistema relacionado a um medidor interage com outros sistemas, direta ou indiretamente, os seus dados devem ser incluídos na determinação da economia de toda a instalação.

Os medidores que servem a fluxos de energia que não interagem com a AEE podem ser ignorados. Deve-se determinar a economia separadamente para cada medidor ou submedidor da instalação, de tal sorte que mudanças no desempenho energético possam ser determinadas separadamente para cada parte da instalação. Entretanto, quando um medidor serve somente uma parte pequena da instalação, ele pode ser totalizado junto com medidores maiores para reduzir as tarefas de gestão energética. Quando isto acontecer a medidores de eletricidade, talvez o medidor menor não possua medição de demanda, o que irá prejudicar a avaliação do fator de carga da instalação.

Se diversos medidores forem lidos em diferentes datas, cada período de leitura diferente deve ser analisado separadamente. A economia resultante pode ser agregada após a análise dos medidores individuais, com a devida consideração das datas de leitura.

Se um dado de energia faltar no período de determinação da economia, um modelo matemático deste período pode ser criado para preencher este dado. Entretanto, a economia determinada para o período em falta deve ser identificada como *dado faltante*.

6.5.3. Questões sobre contas de energia

Os dados de energia sob a Opção C são em geral provenientes de medidores da concessionária, seja por meio de leitura direta, seja pela conta de energia. Quando a conta de energia é a fonte de dados, deve ser reconhecido que a necessidade da concessionária de uma leitura regular, precisa, não é usualmente tão grande quanto à necessária para a M&V. As contas contêm às vezes dados estimados, especialmente para contas de pequeno porte. Em alguns casos, não se consegue saber, somente por meio dos dados da conta, se a leitura é real ou estimada. Dados estimados geram erros desconhecidos

para os meses a que se referem e também para os seguintes. Entretanto, a primeira conta com uma leitura real, após uma ou mais contas estimadas, corrigirá os erros anteriores em quantidade de energia. Os relatórios de economia de energia devem atentar para estimativas nos dados da concessionária. Quando a concessionária estima uma leitura do medidor, não existe dado válido para a demanda do período.

A energia pode ser fornecida indiretamente a uma instalação, passando por armazenamentos internos, como para óleo, propano, carvão ou biomassa. Nesta situação, a fatura de fornecimento da energia não representa o consumo real da instalação entre as entregas dos energéticos. Idealmente, deve-se ter um medidor de energia após o armazenamento para medir o consumo de energia e sua demanda. Onde não houver este medidor, deve-se executar levantamentos periódicos do estoque para complementar os dados da fatura em termos de consumo de energia.

6.5.4. Variáveis independentes

As variáveis independentes mais comuns são o clima, volume de produção e ocupação. O clima tem muitas dimensões, porém, para análise de toda a instalação, a variável utilizada é frequentemente somente a temperatura de bulbo seco. A produção tem também muitas dimensões, dependendo da natureza do processo industrial. Em geral, é expressa em unidades de massa ou unidades de volume de cada produto. A ocupação é definida de várias formas, como a ocupação de quartos em hotéis, horas de ocupação em prédios de escritórios, dias de expediente (dias de expediente/folga) em escritórios, ou refeições servidas em restaurantes.

A modelagem matemática pode avaliar as variáveis independentes quando são cíclicas. A análise de regressão e outras formas de modelagem matemática podem determinar o número de variáveis independentes a considerar nos dados do período da linha de base. Os parâmetros que tiverem um efeito significativo na energia do período da linha de base devem ser incluídos nos ajustes de rotina para determinar a economia de energia usando uma das seguintes equações:

Economia de Energia =	(Energia do Período da Linha de Base – Energia do Período de Determinação da Economia) ± Ajustes de Rotina ± Ajustes Não de Rotina	(Eq. 11)
------------------------------	---	-----------------

Consumo de Energia Evitado =	Energia da Linha de Base Ajustada – Energia do Período de Determinação da Economia ± Ajustes Não de Rotina às Condições do Período de Determinação da Economia	(Eq. 12)
-------------------------------------	--	-----------------

Economia Normalizada =	(Energia do Período da Linha de Base ± Ajustes de Rotina às Condições Fixas ± Ajustes Não de Rotina às Condições Fixas) – (Energia do Período de Determinação da Economia ± Ajustes de Rotina às Condições Fixas ± Ajustes Não de Rotina às Condições Fixas)	(Eq. 13)
-------------------------------	---	-----------------

As variáveis independentes devem ser medidas e registradas durante o mesmo período dos dados de energia.

6.5.5. Cálculos e modelos matemáticos

Na Opção C, os ajustes de rotina, na equação a seguir, são calculados desenvolvendo-se um modelo matemático válido do padrão de uso da energia para cada medidor:

Economia de energia =	(Energia do Período da Linha de Base	
	– Energia do Período de Determinação)	
	± Ajustes de Rotina	(Eq. 14)
	± Ajustes Não de Rotina	

Um modelo pode ser simplesmente uma lista ordenada de doze quantidades de energia mensais sem quaisquer ajustes. Entretanto, um modelo pode ser também baseado em dados obtidos em intervalos menores – e geralmente incluem fatores obtidos de análises de regressão, correlacionando a energia a uma ou mais variáveis independentes como temperatura externa, graus-dia, extensão do período de medição, produção, ocupação ou modo de operação. Os modelos podem também incluir um conjunto diferente de parâmetros de regressão para cada faixa de condições, como verão ou inverno em edifícios com variações sazonais no uso da energia.

A Opção C usualmente utiliza anos completos (por exemplo, doze, vinte e quatro ou trinta e seis meses) de dados contínuos, durante o período da linha de base, e dados contínuos durante os períodos de determinação da economia. Para dados obtidos em intervalos curtos, menos meses podem ser usados, entretanto deve-se tomar cuidado para assegurar que a faixa de dados é representativa do ano completo da linha de base. Modelos que usam outro número de meses (por exemplo, nove, dez, treze ou dezoito meses) podem criar viés estatístico por sub ou sobre representar modos de operação não usuais. Tais modelos devem ser verificados quanto a vieses.

Os dados de medição de toda a instalação podem ser horários, diários ou mensais e podem ser combinados em intervalos mais longos, como diários, para limitar o número de variáveis independentes requeridas para produzir um modelo da linha de base razoável, sem aumentar significativamente a incerteza no cálculo da economia. Quando estiver em questão a redução da demanda, pode ser suficiente usar dias anteriores de condições similares climáticas para desenvolver os modelos. Muitos modelos estatísticos são apropriados para a Opção C. Para selecionar o mais adequado, deve-se considerar índices estatísticos de avaliação, como o Coeficiente de Variação do Erro Médio Quadrático [CV (EMQ)], o Erro Médio de Viés (EMV) ou validar o modelo selecionado por meio de métodos publicados na literatura de estatística.

6.5.6. Medições

As medições de toda a instalação podem usar os medidores da concessionária. Estes medidores são considerados 100% precisos para fins de determinação da economia de energia porque seus valores definem o pagamento da energia. Os medidores estão sujeitos às regulações comerciais em termos de precisão para a venda de produtos energéticos.

Os medidores da concessionária podem ser equipados ou modificados para fornecer um pulso elétrico que pode ser registrado pelo equipamento de monitoramento da instalação. A taxa de conversão do pulso deve ser calibrada contra uma referência conhecida de forma similar à usada para o medidor da concessionária.

Medidores separados da própria instalação podem medir a energia de toda a instalação. A precisão destes medidores deve ser considerada no Plano de M&V, como também uma forma de comparar suas leituras com a leitura do medidor da concessionária.

6.5.7. Custos

Os custos da Opção C dependem da fonte dos dados de energia, e da dificuldade de acompanhar os fatores estáticos dentro da fronteira de medição para possibilitar os ajustes não de rotina durante o período de determinação da economia. O medidor da concessionária ou submedidores existentes funcionam bem se os dados forem adequadamente registrados. A escolha da Opção C não requer custo adicional de medição.

O custo de monitorar mudanças nos fatores estáticos depende do tamanho da instalação, da probabilidade de mudança, da dificuldade de detectar essas mudanças e dos procedimentos de acompanhamento já existentes.

6.5.8. Melhores aplicações

A Opção C é mais bem aplicada onde:

- » O desempenho energético da instalação será avaliado, não somente as AEEs em si
- » Há muitos tipos de AEEs em uma única instalação
- » As AEEs envolvem atividades cujo consumo individual de energia e demanda é difícil de se medir separadamente
- » A economia é grande comparada à variação dos dados nos períodos da linha de base e determinação da economia
- » As opções de medição isolada (Opções A ou B) são excessivamente complexas e caras
- » Não são esperadas mudanças significativas na instalação durante o período de determinação da economia

- » Pode ser estabelecido um sistema de monitoramento dos fatores estáticos para permitir futuros ajustes não de rotina
- » Podem ser encontradas correlações razoáveis entre o consumo de energia e demanda e variáveis independentes

6.6. Opção D: Simulação Calibrada

6.6.1. Visão geral

A Opção D: Simulação Calibrada envolve o uso de *software* de simulação do uso da energia em edifícios para prever o uso de energia, tipicamente onde não existe uma linha de base. Quando os dados de medição da linha de base ou outra condição de uso estiverem disponíveis, o modelo de simulação deve ser calibrado de tal forma que prediga a energia e o perfil da carga que aproximadamente corresponda aos dados reais medidos.

A Opção D pode ser usada para estimar o desempenho de AEEs para todo o edifício, como uma Opção C. Adicionalmente, o modelo de simulação de todo o edifício também pode ser usado para fornecer uma estimativa da economia atribuível a cada AEE quando um projeto múltiplo de AEEs é aplicado.

A Opção D também pode ser usada para estimar somente o desempenho de sistemas individuais em uma instalação, como uma Opção A ou B. Para este tipo de aplicação, o consumo de energia e demanda do sistema tem que ser isolado do resto da instalação por medidores apropriados, que serão usados na calibração do modelo de simulação.

6.6.2. Tipos de Programas de Simulação

Os programas de simulação para todo o edifício geralmente usam técnicas de cálculo horário. É preferível utilizar-se pacotes de *softwares* bem conhecidos e já avaliados pela ASHRAE¹ Standard 140. Entretanto, *softwares* proprietários de simulação podem também ser usados se os algoritmos forem transparentes e bem documentados. Modelos de simulação em nível de sistema também podem ser usados se atenderem aos critérios acima e levarem em conta as interações entre as AEEs. Outros tipos de programas de propósito específico podem ser usados para simular o uso da energia relacionado à operação de equipamentos ou processos industriais.

O *software* utilizado deve ser bem entendido pelo usuário. O *software* deve ser capaz de simular os usos finais da energia, os tipos de ambiente, como também as AEEs projetadas. Devido à grande variedade de *softwares* disponíveis, é prudente conseguir a concordância do proprietário ou autoridade responsável pelo modelo proposto antes de iniciar a análise.

¹ NT: A ASHRAE, fundada em 1894, é hoje uma sociedade de caráter mundial atuando em diversas áreas de sistemas prediais, com destaque para ações sustentáveis, como eficiência energética. O seu *Guideline 14-2014 -- Measurement of Energy, Demand, and Water Savings* (citado no Capítulo 2) é uma referência importante em M&V. Ver <https://www.ashrae.org/>.

6.6.3. Calibração

A economia determinada segundo a Opção D é baseada em modelos físicos e técnicas numéricas usadas para prever o consumo de energia e demanda de edifícios. A precisão da economia depende da proficiência do usuário, robustez do modelo e nível de calibração.

Quando calibrado, o modelo de simulação deve razoavelmente prever o perfil de carga e consumo de energia da instalação ou sistema. Esta calibração é feita comparando-se os resultados do modelo aos dados medidos do desempenho, variáveis independentes e fatores estáticos.

Tipicamente, a calibração de simulações de todo o edifício é feita com doze meses consecutivos de dados da conta de energia em um período de operação estável. Em prédios novos, isto pode não ocorrer durante vários meses até a ocupação e operação estabilizarem. O período e os dados de calibração a utilizar devem ser documentados no Plano de M&V.

Os dados de calibração devem incluir as características operacionais, ocupação, clima, cargas e rendimento dos equipamentos. Os parâmetros devem ser medidos em intervalos apropriados, seja dia, semana, mês, ou extraídos de registros operacionais ou de tendência. A precisão dos medidores deve ser verificada nos instrumentos críticos. Quando possível, outras variáveis que sejam parâmetros de influência, como ventilação e taxa de infiltração no edifício, devem também ser medidas. O nível de calibração deve ser estabelecido no Plano de M&V e refletir o nível de esforço e precisão justificados para o projeto.

Após o processo de coleta de dados de calibração, proceder aos passos de calibração abaixo:

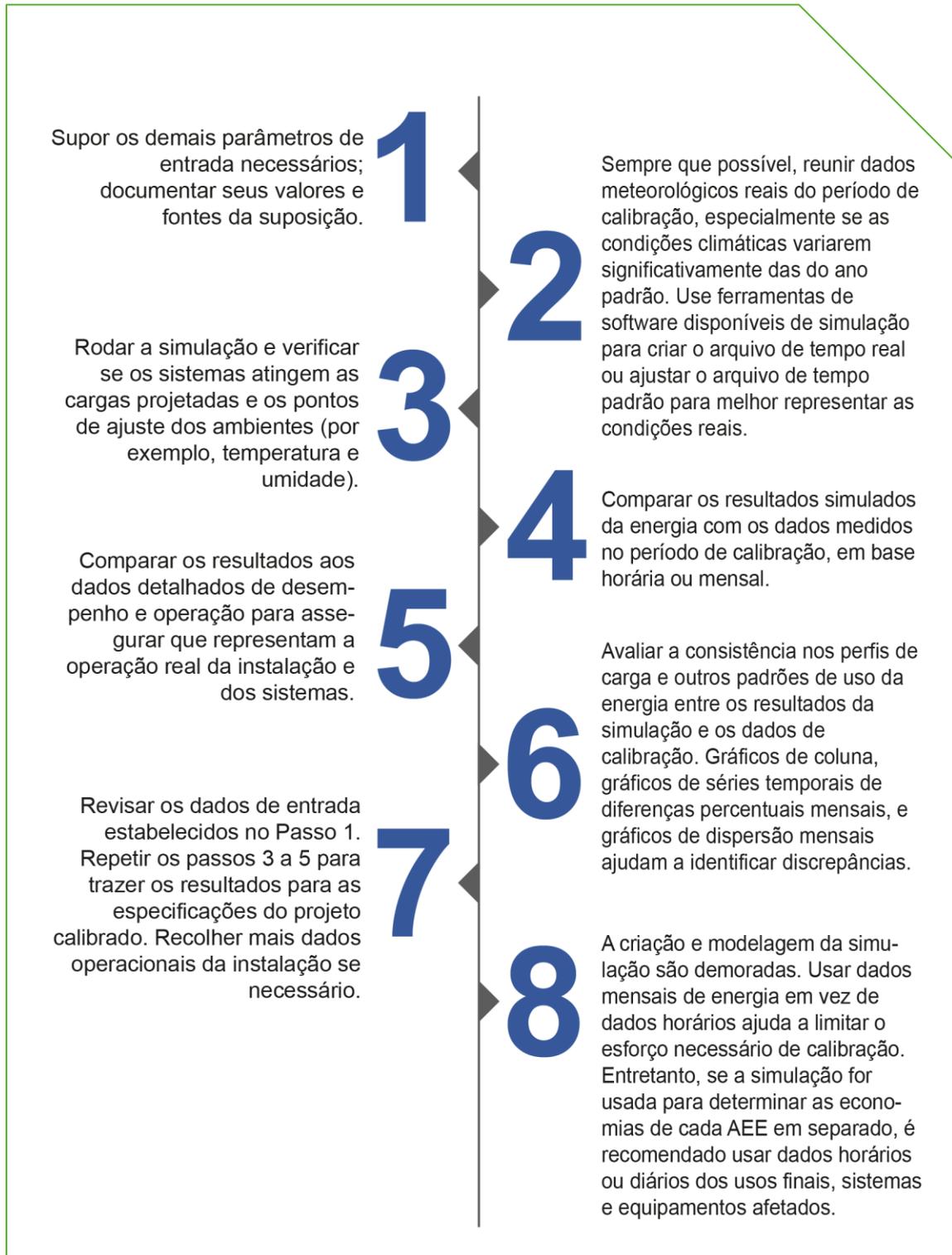


Figura 2. Passos da calibração

Nota: *A modelagem e calibração precisas do modelo computacional são os principais desafios associados à Opção D.*

Para equilibrar os custos com a precisão, os seguintes pontos devem ser considerados:

- » A análise da simulação deve ser feita por pessoal treinado e experiente nas técnicas de uso do software e calibração.
- » Registrar os dados de acompanhamento, monitoramento e suposições usadas para definir os dados de entrada. O modelo de calibração da simulação deve ser guardado em arquivos eletrônicos e físicos. A versão utilizada do software deve ser registrada e guardada para apoiar revisões de garantia de qualidade.
- » Documentar as mudanças especificamente feitas para fazer o modelo de simulação representar o impacto de cada AEE.
- » Sempre que possível, para os projetos de novas construções, manter o modelador da energia do edifício que criou o modelo na fase de projeto, de calibração, conforme construído e da linha de base ajustada.

6.6.4. Cálculos

A economia pode ser determinada utilizando-se os resultados da simulação calibrada representando os períodos da linha de base e determinação da economia. Se o período da linha de base não existe (por exemplo, em novas construções), o modelo do período de determinação pode ser usado para desenvolver o modelo da linha de base. Se o período da linha de base existir, um modelo calibrado representando as condições do edifício pode ser desenvolvido para prever o impacto das AEEs. Após a instalação das AEEs, o consumo de energia e demanda do período de determinação da economia será usado para calibrar o modelo inicial da linha de base com as AEEs previstas (por exemplo, no projeto original da nova construção). Uma vez calibrado, as AEEs devem ser removidas do modelo para criar o modelo da linha de base. O modelo representa o edifício existente nas condições do período de determinação da economia. Se se desejar determinar a economia em condições normalizadas, o modelo calibrado do período de determinação da economia deve ser modificado para representar as condições normalizadas (por exemplo, condições normalizadas do clima, ou outras variáveis independentes normalizadas) e então as AEEs devem ser removidas para se desenvolver o modelo da linha de base.

Nos projetos desenvolvidos para representar um modelo hipotético da linha de base (por exemplo, um projeto feito atendendo estritamente a um código para uma nova construção), o modelo da linha de base tem que ser desenvolvido do modelo calibrado do período de determinação da economia com as AEEs removidas, como descrito acima.

De qualquer sorte, os modelos e os dados medidos da energia têm que estar sob as mesmas condições operacionais, similarmente ao que se faz na Opção C.

A economia sob a Opção D pode ser estimada utilizando-se duas formas da equação da economia. Ambas as formas supõem que o erro de calibração afeta igualmente ambos os modelos da linha de

base e determinação da economia. A mesma economia será determinada a partir das duas equações para qualquer conjunto de dados e simulações.

Economia de energia =	Energia do Período da Linha de Base do Modelo Calibrado [sem AEEs]	
	– Energia do Período de Determinação da Economia do Modelo Calibrado [com AEEs]	(Eq. 15)

Um dos termos da equação acima, derivados do modelo, podem ser substituídos pelos dados reais medidos da energia. Entretanto, o cálculo tem que ser ajustado com o erro de calibração para cada mês da calibração, usando a equação abaixo.

Economia de energia =	Energia do Período da Linha de Base do Modelo Calibrado [linha de base sem AEEs]	
	– Energia Real do Período de Determinação da Economia	(Eq. 16)
	± Erro de Calibração na Respectiva Leitura	

6.6.5. Relatórios Subsequentes

Se o desempenho deve ser avaliado em anos subsequentes, os modelos têm que ser recalibrados a cada ano. Alternativamente, a Opção D pode ser usada unicamente no primeiro ano após a instalação das AEEs. Nos anos subsequentes, a Opção C pode ser aplicada com a linha de base construída a partir dos dados medidos no primeiro ano de operação estável, usado na calibração do modelo. Neste caso, a Opção C é usada para verificar a persistência da economia.

6.6.6. Melhores aplicações

Em geral, a Opção D é utilizada quando as outras opções não são viáveis. Ela é mais bem aplicada quando:

- » Os dados energéticos do período da linha de base não estão disponíveis ou não são confiáveis, como em:
 - Projetos de novas construções,
 - Expansão da instalação que precisa ser estimada separadamente do resto da instalação.
- » Instalação com vários prédios e uma única medição centralizada no período da linha de base, mas onde serão instalados medidores individuais após a instalação das AEEs.
- » Existem muitas AEEs para se estimar usando as Opções A ou B.
- » O desempenho de cada AEE será estimado individualmente em um projeto com múltiplas AEEs, porém as Opções A ou B são muito caras.
- » As interações entre as AEEs são complexas e significativas, fazendo com que as técnicas de isolamento das Opções A e B sejam impraticáveis.

7. Planos e Relatórios de M&V Aderentes ao PIMVP

Este capítulo descreve os requisitos para se desenvolver e implementar planos e relatórios de M&V aderentes ao PIMVP.

7.1. Plano Aderente ao PIMVP

O PIMVP atualmente não certifica formalmente Planos de M&V para projetos específicos. No entanto, a orientação fornecida neste Capítulo pode ser usada pelo engenheiro de projeto para desenvolver ou analisar um Plano de M&V para verificar a aderência ao PIMVP. Um Plano de M&V aderente atende a todos os critérios apresentados nos itens 1 a 14 abaixo. Nos projetos sob as Opções A ou D, são requeridos itens adicionais. Um *checklist* para verificar a aderência de um Plano de M&V pode ser encontrada na página da EVO na internet.

Um componente chave para a aderência ao PIMVP é o desenvolvimento de Plano de M&V, específico para cada projeto, claro e transparente, que descreva as várias medições e dados a recolher, os métodos de análise empregados e as atividades de verificação conduzidas para avaliar o desempenho de uma ação ou projeto de eficiência energética. Um Plano de M&V aderente ajudará a assegurar que as ações ou projeto pode explorar o potencial máximo de eficiência e que a economia poderá ser verificada com a certeza adequada. Para os contratos de desempenho energético, onde o Plano de M&V define como a economia será verificada para provar que a garantia contratual foi atendida e validar os pagamentos associados, um Plano de M&V aderente necessita ser desenvolvido e acordado como parte da aprovação do contrato final entre as partes e/ou antes da instalação das AEEs previstas.

Os itens seguintes descrevem os requisitos essenciais para um Plano de M&V aderente ao PIMVP.

7.1.1. Descrição geral da instalação e do projeto

O Plano de M&V deve fornecer uma descrição geral da instalação e do projeto proposto juntamente com uma lista de todas as ações de eficiência energética incluídas como parte do projeto. Este item deve também incluir referências a quaisquer diagnósticos energéticos ou outras análises usadas para definir o escopo do projeto.

7.1.2. Objetivo das AEEs

Esta seção do Plano de M&V deve fornecer um entendimento claro da abrangência e objetivo de cada ação de eficiência. No mínimo, esta seção deve incluir:

- » Uma descrição da ação de eficiência energética

- » Como a ação economiza energia ou outros recursos (por exemplo, aumenta a eficiência, reduz as horas de operação, etc.)
- » Um inventário dos equipamentos envolvidos
- » Economias esperadas

7.1.3. Opção do PIMVP selecionada e fronteira de medição

O Plano de M&V deve especificar que Opção do PIMVP será usada para avaliar a economia de energia. Esta seção precisa também identificar a fronteira de medição para a determinação da economia. A fronteira pode ser tão estreita quanto o fluxo de energia através de uma tubulação ou condutor, ou tão ampla quanto o consumo de energia e demanda em muitas instalações. Esta seção deve também descrever a natureza dos efeitos interativos além da fronteira de medição assim como seu possível efeito na economia de energia do projeto. Os efeitos interativos quantificáveis devem também ser incluídos nesta seção com a justificativa apropriada.

7.1.4. Linha de base: período, condições e uso da energia

Esta seção do Plano de M&V documenta o consumo de energia e demanda da linha de base das instalações ou sistema em conjunto com os parâmetros de influência correspondentes, dentro da fronteira de medição.

A descrição da linha de base tem que ser bem documentada. Os dados podem advir de várias fontes como medições instantâneas ou de curto prazo ou de fontes como folhas de especificação de fabricante. A extensão da informação necessária é determinada pela Opção de M&V selecionada, a fronteira de medição escolhida ou a abrangência da determinação da economia.

A documentação da linha de base deve incluir a seguinte informação:

Identificação do período da linha de base

Refere-se ao período no qual a energia e as condições da linha de base do sistema ou instalação são avaliadas e documentadas. Este período é frequentemente de um ano, porém pode ser qualquer período dependendo das necessidades da M&V específica.

Dados de consumo e demanda da energia da linha de base

Estes dados podem ser os da conta de energia no caso da Opção C, ou dados de campo coletados em determinado intervalo, ou medições instantâneas no caso de Opção A ou B. Deve incluir os dados em todo o período de medição. Estes dados podem ser usados para extrapolar para todo o período da linha de base como discutido acima, devendo-se incluir também esta análise. Estes dados são normalmente considerados como sendo a variável *dependente*

Dados das variáveis com influência na energia

Os dados das variáveis que influenciam a variação da energia precisam ser coletados no mesmo período de coleta dos dados da energia. Podem incluir variáveis como dados de produção, temperatura ambiente, velocidade dos equipamentos, pressão ou qualquer outra variável coletada por meio de medições instantâneas, de curto ou longo prazos. Estes dados são normalmente considerados como sendo as variáveis independentes ou variáveis que afetam as variáveis dependentes discutidas acima

Condições operacionais

Definir as condições predominantes correspondendo às variáveis dependentes e independentes (por exemplo, dados de consumo de energia e demanda na linha de base, dados de variáveis que influenciam a energia) durante a identificação do período da linha de base. Estas condições predominantes (ou seja, também conhecidas como fatores estáticos) são supostas permanecer constantes, porém podem variar e têm que ser consideradas como parte de ajustes não de rotina, se necessário. Exemplos de condições estáticas podem incluir, porém não são limitadas às seguintes:

- » Tipo de ocupação, densidade de ocupação e tempos de funcionamento.
- » Condições operacionais (por exemplo, pontos de ajuste, níveis de iluminação, nível de ventilação) para cada período da linha de base e estação.
- » Problemas ou paradas significativas durante o período da linha de base:
 - Em alguns casos, os sistemas ou instalações existentes podem não funcionar adequadamente, atender às normas existentes, ou de outra forma não ser representativos das condições da linha de base como deveriam ser. Nestes casos, a linha de base pode ser ajustada de tal forma que atenda às normas ou que reflita a operação após os reparos necessários.
 - Os ajustes da linha de base podem ser feitos, por exemplo, em sistemas que não estejam fornecendo a ventilação adequada. Os ajustes podem incluir os rendimentos dos equipamentos, capacidade, sequência operacional ou qualquer outro elemento presente na ação de eficiência que resulte em alteração no uso da energia.
- » Identificar alterações planejadas às condições de uso que afetem a linha de base:
 - As mudanças planejadas podem incluir qualquer tipo como aumento nos níveis de ocupação, adição de turno operacional ou aumento do nível de iluminação.

7.1.5. Período de determinação da economia

O período de determinação da economia é um intervalo selecionado para avaliar e quantificar o desempenho energético após a instalação das ações de eficiência energética. O Plano de M&V deve identificar os períodos de determinação da economia nos quais as ações ou projetos serão avaliados. Podem ser curtos períodos de tempo logo após a instalação das ações para assegurar que a ação tem o desempenho pretendido ou pode ser um período mais longo como um ano, vários anos, ou outros períodos de tempo.

Nos casos onde o período da linha de base e o período da determinação da economia não tenham a mesma duração, é importante explicar como a estrutura de tempo é normalizada de tal forma que os consumos de energia e demandas dos períodos da linha de base e determinação da economia são comparados na mesma base e de forma confiável.

Em um contrato de desempenho energético, o período de desempenho refere-se à duração da garantia do projeto e é constituído de vários períodos de determinação da economia. Normalmente, requer-se que o executante determine o desempenho do projeto e das AEEs de forma sistemática durante toda a duração do período de desempenho.

7.1.6. Bases de ajuste

As condições operacionais que afetam o consumo de energia podem variar entre o período da linha de base e determinação da economia. É importante realizar ajustes para levar em conta estas alterações nas condições operacionais.

O Plano de M&V deve fornecer detalhes descrevendo como o consumo de energia e demanda da linha de base e/ou do período de determinação da economia serão ajustados para permitir uma comparação válida e calcular-se a economia de energia. As bases para ajuste podem ser feitas por meio de:

- » Projeção do consumo de energia e demanda da linha de base às condições do período de determinação da economia.
- » Projeção do consumo de energia e demanda do período de determinação da economia às condições da linha de base.
- » Projeção de ambos os consumos de energia e demanda da linha de base e período de determinação da economia a condições normalizadas (por exemplo, para o Ano Meteorológico Típico, AMT).

As condições adotadas para ajuste determinam se a economia é determinada como energia evitada ou energia normalizada.

Uma outra base de ajuste leva em conta os problemas dos equipamentos na linha de base ou questões de atendimento a normas que precisam ser tratadas antes da implementação das AEEs. Nestes casos, a linha de base pode ser ajustada de tal forma que reflita a operação como se atendesse às normas ou com os equipamentos funcionando adequadamente. Se tal ocorrer, deve-se incluir a descrição exata dos ajustes feitos, incluindo algoritmos, variáveis ou termos que afetam o uso da energia na linha de base.

Uma terceira base de ajuste leva em conta fatores que não são esperados variar (ou seja, fatores estáticos) durante o período de determinação da economia. Entretanto, se mudarem, seus efeitos devem ser levados em conta por meio de procedimentos de ajuste apropriados não de rotina. Exemplos podem incluir adicionar um novo turno de produção ou aumentar o número de horas operacionais que não faziam parte da linha de base nem o foram pela instalação da AEE.

7.1.7. Método de cálculo e procedimento de análise

O Plano de M&V necessita especificar os procedimentos de análise de dados, descrição do modelo e suposições usadas para calcular a economia de energia para cada período de determinação da economia.

Para cada modelo utilizado, deve-se identificar e definir todas as variáveis independentes, variáveis dependentes e outros termos relacionados ao modelo. Relacionar todos os coeficientes, constantes, estatísticas (CV [EMQ], EMS, R^2 , estatística t, etc.), outros termos ou elementos do modelo. Relatar a faixa das variáveis independentes na qual o modelo é válido.

7.1.8. Preços da energia

O Plano de M&V deve especificar os preços da concessionária de energia, ou tarifas que serão usadas para calcular a economia de custos com a ação ou projeto, e como o valor monetário da economia será ajustado se as tarifas da concessionária mudarem durante a vida útil da ação ou do projeto. O plano deve claramente definir e relatar qualquer valor suposto ou estipulado como taxa de inflação ou de escala, aumento do preço da energia ou outras variáveis que afetem os resultados da M&V.

7.1.9. Especificação dos medidores

O plano deve especificar os pontos de medição que serão usados para obter-se os dados de M&V, incluindo medições temporárias e contínuas. Para os medidores que não sejam da concessionária de energia, o Plano de M&V deve especificar:

- » Tipo de medidor, fabricante, modelo e características
- » Especificações do medidor incluindo a precisão
- » Leitura do medidor e protocolo testemunha
- » Procedimento de comissionamento do medidor
- » Procedimento e processo de calibração
- » Método para lidar com dados perdidos e transferidos

7.1.10. Responsabilidades de monitoramento

O plano deve atribuir responsabilidades para coletar, analisar, arquivar e relatar os dados. A gestão dos dados de M&V deve ser atribuída à parte que seja qualificada para eficiente e efetivamente acessar, gerenciar e fornecer os conjuntos de dados. Os dados que têm que ser gerenciados incluem:

- » Dados de energia
- » Variáveis independentes
- » Fatores estáticos dentro da fronteira de medição
- » Resultados das inspeções periódicas

7.1.11. Precisão esperada

O Plano de M&V deve incluir a precisão esperada associada à medição, coleta de dados, amostragem e análise de dados. A estimativa deve incluir considerações qualitativas e quaisquer medições quantitativas factíveis relacionadas à incerteza das medições e descrever os ajustes a serem feitos para a determinação da economia.

7.1.12. Orçamento

O Plano de M&V deve incluir o orçamento e recursos requeridos para a determinação da economia, incluindo os custos tanto para os procedimentos iniciais como ao longo do tempo para avaliar, documentar e relatar o desempenho para cada período de determinação da economia.

7.1.13. Formato do Relatório

O plano deve especificar como os resultados serão relatados e documentados para cada período de determinação da economia, incluindo a frequência dos relatórios.

Nota: ver o Capítulo sobre Relatórios de M&V para detalhes.

7.1.14. Garantia de qualidade

O Plano de M&V deve incluir procedimentos e processos de garantia de qualidade a serem usados na coleta dos dados dos períodos da linha de base e determinação da economia, cálculo, determinação da economia e passos intermediários. A garantia de qualidade deve incluir inspeções a intervalos regulares para assegurar que a ação e os equipamentos continuam operacionais conforme o contrato.

7.2. Requisitos adicionais para o Plano de M&V sob a Opção A

7.2.1. Justificativa das estimativas

O Plano de M&V deve claramente identificar as variáveis que serão estimadas como parte do cálculo da economia. Tal procedimento tem que incluir os valores reais utilizados e a fonte da estimativa. Mostrar o significado total destas estimativas na economia esperada total relatando a faixa das possíveis economias associadas com a faixa de valores plausíveis dos parâmetros estimados.

7.2.2. Inspeções periódicas

O plano deve especificar as inspeções periódicas que serão executadas no período de determinação da economia para verificar se os equipamentos ainda estão instalados e operando conforme previsto.

7.3. Requisitos adicionais para o Plano de M&V sob a Opção D

7.3.1. Identificação do *software*

O Plano de M&V deve conter o nome e número da versão do *software* de simulação usado para calcular a economia.

7.3.2. Dados de entrada/saída

O plano deve fornecer cópias dos arquivos de entrada e saída, meteorológicos (arquivo ou sua identificação) usados na simulação, incluindo quaisquer cálculos ou métodos de desenvolvimento posteriores ou apresentação.

7.3.3. Dados medidos

O Plano de M&V deve descrever o processo de obtenção de qualquer dado medido incluindo os parâmetros de entrada que foram medidos e quais foram estimados. Os dados reais de medição devem ser relatados e os dados brutos arquivados e disponibilizados se necessário. Estes dados podem provir das contas de energia ou de medições em intervalos definidos.

7.3.4. Calibração

O plano deve conter os dados de energia e condições operacionais usados para calibração, incluindo os requisitos para calibração (por exemplo, CV {EMQ}, EMS, etc.) e a precisão com a qual os resultados da simulação aproximam os dados de energia medidos usados na calibração. Os dados devem ser fornecidos em um intervalo mínimo de um mês (ou seja, o período da conta de energia), embora seja preferível uma resolução maior.

7.3.5. Mudanças futuras

O Plano de M&V deve fornecer uma descrição do método para realizar ajustes não de rotina relevantes. Estes ajustes podem requerer uma revisão do modelo e novos cálculos da linha de base, uso da energia após a instalação e economia.

7.4. Relatórios de M&V

Relatórios periódicos de M&V são preparados como meio de documentar o desempenho geral das ações de eficiência e do projeto, usando-se os procedimentos descritos no Plano de M&V. A frequência e o formato destes relatórios de M&V devem também ser incluídos no Plano de M&V. O relatório deve incluir no mínimo as seguintes informações:

- » Contexto do projeto
- » Descrição da AEE
- » Opção de M&V escolhida para as AEEs ou projeto constante no Plano de M&V
- » Datas de início e término do período de determinação da economia
- » Atividades de M&V desenvolvidas durante o período de determinação da economia, incluindo:
 - Início e término do período de medição
 - Dados de uso da energia
 - Dados das variáveis independentes e fatores estáticos
 - Descrição das atividades de inspeção realizadas
 - Cálculo das economias verificadas e sua metodologia
 - Descrição detalhada da análise de dados e sua metodologia
 - Lista de suposições e fontes de dados utilizada nos cálculos
 - Detalhes de eventuais ajustes da linha de base ou da economia incluindo ajustes de rotina e não de rotina
 - Detalhes das tarifas da concessionária usados para calcular a economia relatada
- » Apresentação clara da economia verificada de energia e monetária e comparação com os valores propostos

8. Aderência ao PIMVP

O PIMVP apresenta uma estrutura com terminologia e métodos para estimar adequadamente economias de energia ou água e demanda. O PIMVP orienta no desenvolvimento de Planos e Relatórios de M&V para projetos específicos. O PIMVP foi feito para permitir a máxima flexibilidade na criação e implementação de procedimentos de M&V, desde que sejam seguidos os princípios de completude, conservadorismo, consistência, precisão, relevância e transparência (ver o Capítulo 4 - Princípios).

A M&V representa um processo implementado para assegurar que a economia é verificada de acordo com a aplicação dos procedimentos do IPMVP. Um processo de M&V típico é ilustrado na Figura 3e descrito pelas seguintes etapas:

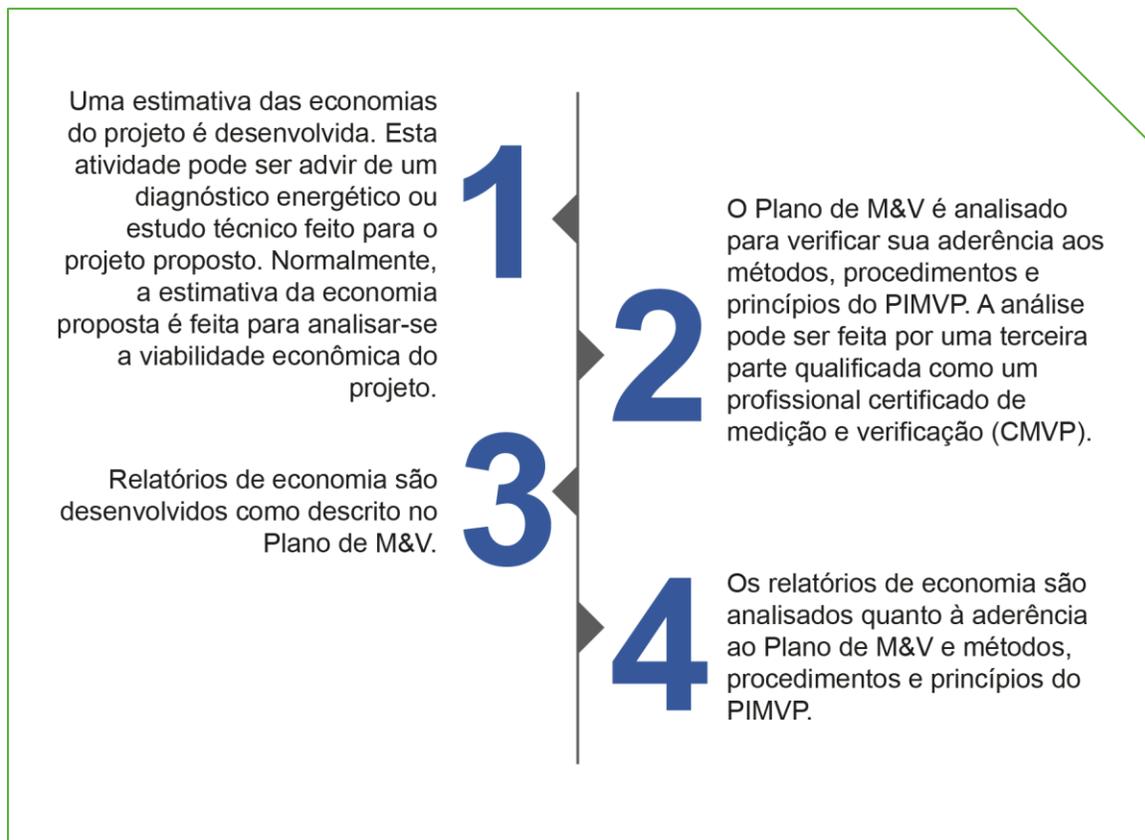


Figura 3. Descrição de um processo típico de M&V

O resultado é um projeto aderente até o último relatório do período de determinação da economia.

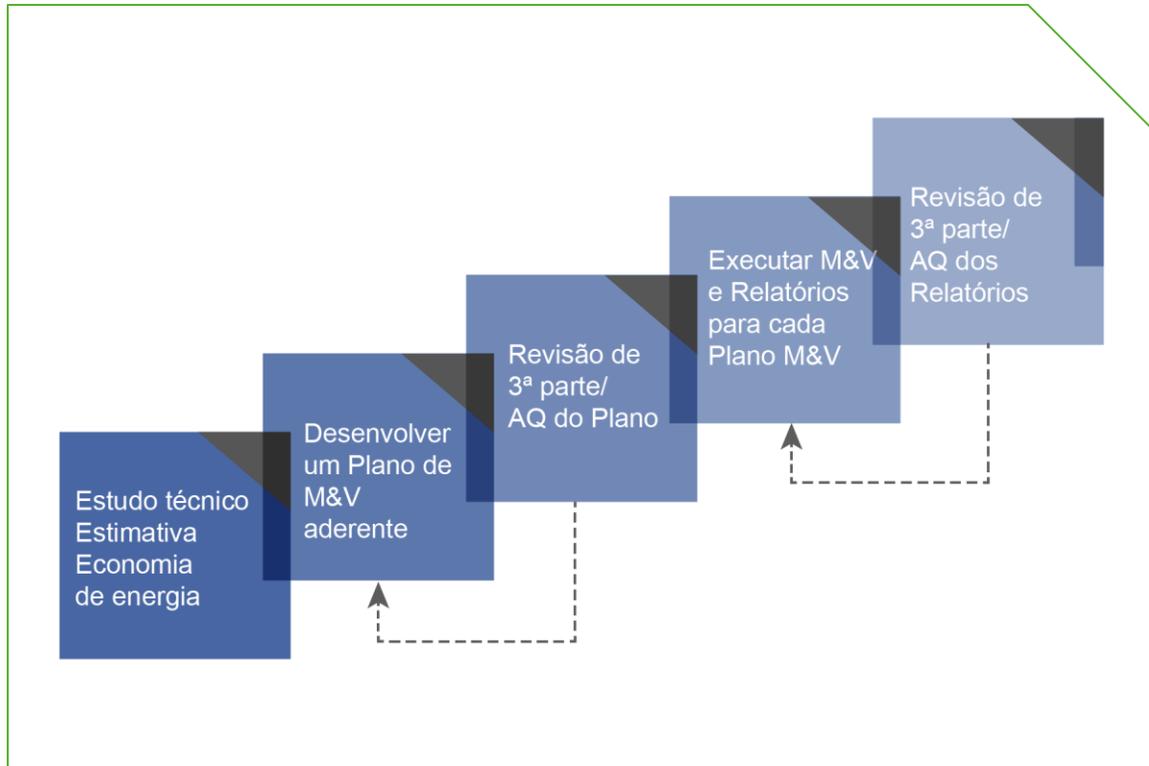


Figura 4. Fluxograma do processo de M&V com as atividades típicas para aderência

Os usuários que quiserem reivindicar a aderência ao PIMVP devem obrigatoriamente:

- » Identificar a pessoa responsável por aprovar o Plano de M&V específico para o projeto e assegurar que o plano é seguido durante a duração do período de determinação da economia.

Desenvolver um Plano de M&V completo que:

- » Estabeleça claramente a data de publicação ou a versão da edição e volume do PIMVP usada.
- » Use a terminologia consistente com as definições da versão do PIMVP citada.
- » Inclua toda a informação mencionada no Capítulo 7 para o Plano de M&V.
- » Defina o conteúdo dos relatórios de economia e a frequência na qual a economia será relatada.
- » Seja aprovado por todas as partes interessadas na aderência ao PIMVP.
- » Seja consistente com os Princípios do PIMVP.

Implementar o Plano de M&V aderente aprovado e assegurar que seus procedimentos são seguidos de acordo com os Princípios do PIMVP. Isto pode incluir realizar uma análise de garantia de qualidade de todas as atividades de M&V, incluindo inspeções, medições, cálculos e relatórios. Para cada projeto, os procedimentos de garantia de qualidade são descritos no Plano de M&V. Um profissional com conhecimento e experiência deve conduzir o processo de análise.

A EVO recomenda que um profissional qualificado, como um Profissional Certificado em Medição e Verificação (CMVP), desenvolva e supervisione a implementação do Plano de M&V e suas atividades.

Os usuários que desejem especificar o uso do PIMVP em um contrato de desempenho energético ou comércio de emissões podem usar frases como “a determinação das economias de energia e monetária reais seguirão as melhores práticas atuais, como definido nos Conceitos Básicos do PIMVP”. A especificação pode ir mais além para incluir “o Plano de M&V deve aderir ao PIMVP e ser aprovado por ...” e pode também, se conhecido à época da aprovação do contrato, adicionar, “seguindo a Opção ... do PIMVP”.

Agradecimentos especiais a nossos apoiadores institucionais





Efficiency
Valuation
Organization

EVO

Endereço corporativo:

1629 K Street NW, Suite 300
Washington, DC 20006, USA

Endereço administrativo:

442 St-Gabriel – Suite 103
Montréal (Québec) Canada H2Y 2Z9

Telefone:

+1 202-738 4639

E-mail:

EVO.Central@EVO-world.org

www.evo-world.org