



Revisão da metodologia aprovada de linha de base AM0017

“Melhorias na eficiência do sistema de vapor por meio da substituição dos purgadores de vapor e do retorno do condensado”

Fonte

Esta metodologia baseia-se no documento de concepção do projeto “Melhorias na eficiência do sistema de vapor das refinarias em Fushun, China”, cujo estudo da linha de base, plano de monitoramento e verificação, e documento de concepção do projeto foram elaborados pela Quality Tonnes e Beijing Tuofeng Armstrong Steam System Energy Conservation Technologies Co., Ltd. Mais informações sobre a proposta e sua ‘análise pelo Conselho Executivo podem ser obtidas no caso NM0017-rev: “Melhorias na eficiência do sistema de vapor das refinarias em Fushun, China”, no endereço: <http://cdm.unfccc.int/methodologies/PAmethodologies/approved.html>.

Abordagem selecionada do parágrafo 48 das modalidades e procedimentos do MDL

“Emissões existentes, reais ou históricas, conforme o caso.”

Aplicabilidade

Esta metodologia se aplica às atividades de projetos de melhoria da eficiência do vapor, com as seguintes condições:

- A eficiência do vapor seja melhorada por meio da substituição e/ou reparo dos purgadores de vapor e do retorno (coleta e reutilização) do condensado;
- O vapor seja gerado em uma caldeira movida a combustível fóssil;
- A manutenção periódica dos purgadores de vapor ou o retorno do condensado não sejam práticas comuns ou exigidas pelas regulamentações do país;
- Dados sobre as condições dos purgadores de vapor e o retorno do condensado possam ser obtidos em pelo menos cinco outras usinas similares.

Esta metodologia de linha de base deve ser usada em conjunto com a metodologia aprovada de monitoramento AM0017 (“Melhorias na eficiência do sistema de vapor por meio da substituição dos purgadores de vapor e do retorno do condensado”).

Atividade do projeto

A atividade do projeto trata de melhorias da eficiência energética, reduzindo as perdas nos purgadores de vapor e aumentando o retorno do condensado. As melhorias de eficiência são obtidas por meio da instalação de equipamentos adicionais, reparo e/ou substituição dos purgadores de vapor e a adoção de práticas de O&M.



Adicionalidade

A adicionalidade da atividade do projeto é tratada em quatro etapas: (i) comprovação de que não é uma prática comum na indústria; (ii) inexistência de exigências legais ou previstas em regulamentações; (iii) existência de barreiras à implantação das atividades do projeto; e (iv) o registro do projeto no âmbito do MDL permite que as barreiras sejam superadas.

Etapa 1: Comparação com outras usinas similares

Os participantes do projeto devem realizar uma inspeção na usina do projeto e em, pelo menos, cinco outras usinas similares (grupo de controle). As usinas selecionadas para esse grupo de controle devem:

- Pertencer ao mesmo setor ou a um setor similar;
- Ter uma capacidade similar de geração de vapor (escolher as cinco usinas mais similares à usina do projeto);
- Estar localizadas na mesma região ou em uma região com condições similares; e
- Ter o mesmo período de existência ou ter sido construída mais recentemente do que a usina do projeto (caso a usina do projeto seja a usina mais recente, devem ser selecionadas as usinas construídas pouco antes da usina do projeto).

Os participantes do projeto devem justificar sua seleção de usinas e explicar quaisquer desvios. A Entidade Operacional Designada (EOD) deve verificar a seleção das usinas com base nesses critérios.

Antes da implantação da atividade do projeto, as seguintes informações devem ser coletadas da usina do projeto e das usinas do grupo de controle.

- O índice de defeitos do purgador de vapor, determinado a partir de uma inspeção dos purgadores de vapor, segundo a orientação dada na etapa 1 do cálculo das reduções de emissões, dividindo-se o número de purgadores de vapor defeituosos pelo número total de purgadores de vapor em funcionamento e testados;
- Deve-se perguntar aos gerentes das usinas sobre a existência de qualquer tipo de programa de manutenção dos purgadores de vapor, se há purgadores de vapor sendo substituídos e, caso afirmativo, em que casos são geralmente substituídos;
- A economia relativa de vapor decorrente do retorno do condensado nessa usina é calculada com o uso da equação 5 (ver página 7).

Ao realizar essas inspeções, deve-se seguir a orientação da seção “Reduções de emissões” para as inspeções dos purgadores de vapor. Com base nas informações dessas inspeções, determina-se o índice de defeitos do purgador de vapor e a taxa de retorno do condensado (definida como a razão da quantidade de retorno do condensado e da quantidade de vapor produzida) nas usinas do grupo de controle e na usina da atividade do projeto. A atividade do projeto não é considerada adicional se:

- A média do índice de defeitos dos purgadores de vapor nas usinas selecionadas for mais de 5 pontos percentuais menor do que o índice de defeitos na usina do projeto



- antes da implantação da atividade do projeto; ou
- A média do retorno relativo do condensado nas usinas selecionadas for mais de 5 pontos percentuais maior do que o retorno relativo do condensado na usina do projeto antes da implantação da atividade do projeto; ou
- Na usina do projeto, um programa de manutenção periódica dos purgadores de vapor estiver sendo executado ou planejado, e se os purgadores de vapor defeituosos forem substituídos com regularidade.

Etapa 2: Avaliação das exigências legais e circunstâncias setoriais

Os participantes do projeto devem avaliar as políticas e circunstâncias nacionais e/ou setoriais com relação a qualquer exigência para a promoção de programas de manutenção dos purgadores de vapor ou programas que exijam ou incentivem o retorno do condensado. Essa avaliação será verificada pela EOD. A atividade do projeto não será considerada adicional caso haja a probabilidade de que programas nacionais e/ou setoriais exijam as atividades do projeto.

Etapa 3: Análise das barreiras

O desenvolvedor do projeto estabelecerá que existem barreiras proibitivas no setor pertinente ou na área do projeto que impedem que os projetos propostos sejam realizados e concluídos, supondo-se que esses projetos não estejam registrados como atividades no âmbito do MDL. O desenvolvedor do projeto fornecerá informações transparentes, inclusive evidência documentada, e oferecerá interpretações conservadoras dessa evidência documentada, demonstrando a existência e a importância das barreiras identificadas. Podem ser incluídas evidências relatadas, mas, isoladamente, elas não constituem prova suficiente das barreiras. Essas barreiras podem compreender, mas não se limitam a:

- Barreiras aos investimentos, que não as barreiras econômicas/financeiras, por exemplo:
 - Os riscos reais e/ou percebidos associados à tecnologia desconhecida ou ao processo são muito elevados para atrair investimentos;
 - Não há financiamento disponível para projetos inovadores.
- Barreiras tecnológicas, por exemplo:
 - Não há mão-de-obra qualificada e/ou adequadamente treinada para operar e manter a tecnologia, o que acarreta o mau estado de conservação e funcionamento dos equipamentos.
- Barreiras provocadas pela prática habitual, por exemplo:
 - Os desenvolvedores não têm familiaridade com tecnologias de ponta e relutam em usá-las;
 - O projeto é o “primeiro do tipo”.
- Outras barreiras, por exemplo:
 - O gerenciamento carece de experiência com o uso de tecnologias de ponta, de modo que o projeto recebe baixa prioridade.



Mais especificamente, as barreiras poderiam abranger o seguinte:

- Informações inadequadas, como grandes empresas industriais sem informações sobre investimentos para economizar energia, especialmente sobre os aspectos financeiros e outras experiências de implantação; muito pouca informação existente para os verdadeiros tomadores de decisões (gerentes organizacionais) sobre como projetos específicos de conservação de energia podem ser implantados.
- Barreiras à transferência de tecnologia, como a falta de purgadores de vapor e equipamento de retorno do condensado modernos e de alta qualidade nos mercados locais.
- Riscos técnicos e financeiros percebidos pelas empresas na adoção de tecnologias inovadoras de economia de energia (temores de que uma nova tecnologia possa não funcionar, que possa interromper a produção, levar tempo para ser dominada ou que não promova economias do ponto de vista financeiro, o que inibe a gerência da organização de adotar novas tecnologias de economia de energia).
- A insignificância real e percebida de muitos investimentos de eficiência energética – por exemplo, se os projetos de eficiência energética forem relativamente pequenos e o valor das economias alcançadas for normalmente só uma pequena porcentagem dos custos operacionais da empresa; a percepção de que pequenos projetos exigem planejamento, elaboração, financiamento, monitoramento, etc., que exigem custos de transação muito altos para o tamanho relativo dos projetos.
- Dificuldades de obter financiamento porque as instituições financeiras locais preferem não dar empréstimos a projetos que somente reduzam os custos operacionais; ou porque as instituições financeiras geralmente não estão familiarizadas ou não sabem analisar os aspectos financeiros desses investimentos.

As barreiras identificadas constituem motivo suficiente da adicionalidade somente se evitarem que possíveis proponentes de projetos realizem a atividade de projeto sem que ela seja registrada como atividade no âmbito do MDL.

Etapa 4: Explicação sobre como o MDL supera as barreiras identificadas ao projeto
(Explicar como somente a aprovação e o registro do projeto proposto como uma atividade no âmbito do MDL possibilitariam que o projeto superasse as barreiras identificadas e pudesse ser realizado.)

Essa etapa ajuda a provar que as barreiras identificadas na Etapa 3 são de fato barreiras proibitivas. Se o projeto proposto fosse capaz de superar as barreiras identificadas sem o registro como um projeto no âmbito do MDL, as barreiras seriam superáveis e não constituiriam prova suficiente da adicionalidade. Explicar como a aprovação e o registro do projeto como uma atividade no âmbito do MDL e os benefícios e incentivos daí resultantes reduzem suficientemente as barreiras identificadas, permitindo que o projeto seja realizado. Os benefícios e incentivos podem ser de vários tipos, tais como:



- o benefício financeiro da receita obtida com a venda das reduções de emissões de CO₂;
- os benefícios institucionais de colaborar com parceiros nas *transações* com reduções de emissões;
- os benefícios técnicos e de capacitação fornecidos pelos parceiros nas transações com reduções de emissões.

Reduções de Emissões

As reduções de emissões ocorrem como resultado da economia de vapor por meio da melhoria do funcionamento dos purgadores de vapor e da coleta e reutilização do condensado (chamado aqui de retorno do condensado). A economia de vapor diminui a queima de combustíveis fósseis na caldeira, reduzindo, assim, as emissões de gases de efeito estufa. Em menor grau, as emissões de gases de efeito estufa também são reduzidas, como resultado da energia economizada no bombeamento da água de alimentação da caldeira. Contudo, é necessário mais energia para bombear, tratar e purificar o retorno do condensado. Nesta metodologia, somente as emissões de CO₂ são contabilizadas, enquanto que as reduções de emissões de CH₄ e N₂O são desconsideradas. A seguir, descreve-se o cálculo das reduções de emissões de CO₂ em várias etapas.

Etapa 1: Inspeção dos purgadores de vapor

Uma inspeção dos purgadores de vapor é conduzida, seguindo-se a orientação descrita acima em “Adicionalidade”, na usina do projeto e em cinco usinas similares selecionadas (grupo de controle) antes da implantação do projeto (Índice 0) e periodicamente (no mínimo, uma vez ao ano) (Índice y) na usina do projeto. Antes da implantação do projeto, na usina do projeto, as seguintes informações devem ser coletadas para cada purgador de vapor:

- Localização física (identificação, localização, elevação, etc.);
- Informações sobre o tipo de purgador de vapor (fabricante, modelo, tamanho do orifício, etc.);
- Pressão (pressão do vapor na entrada P_{in}, pressão do vapor na saída P_{out});
- Informações sobre a aplicação (gotejador, traçador, bobina, processo, respiradouros, drenos de líquidos), os equipamentos (aquecedor de unidade, radiador, umidificador, etc.) e a tubulação (direção, válvula de entrada, filtro, válvula de saída);
- As condições de funcionamento, que são testadas por meio de escuta ultra-sônica, inspeção visual se possível e sistemas automatizados de monitoramento dos purgadores de vapor;
- As horas de funcionamento no ano;
- Quaisquer outros comentários, inclusive sobre problemas específicos, como golpe de aríete, insulação insuficiente ou inadequada, vazamentos de vapor na tubulação ou válvulas, instalação inadequada dos purgadores e outros problemas relacionados com o vapor.

Nas usinas do grupo de controle, antes da implantação da atividade do projeto, as



seguintes informações devem ser coletadas:

- O número de purgadores de vapor em funcionamento e submetidos a testes; e
- Para cada purgador de vapor em funcionamento, suas condições de funcionamento, que são testadas por meio de escuta ultra-sônica, inspeção visual se possível e sistemas automatizados de monitoramento dos purgadores de vapor.

Todos os funcionários responsáveis por testar os purgadores de vapor devem ser técnicos treinados e com experiência pertinente nessa área. Os resultados da inspeção dos purgadores de vapor devem ser documentados de modo transparente e, na data do início do projeto, devem ter sido realizados no máximo há 12 meses. Ao avaliar as condições de funcionamento, as definições da Tabela 1 devem ser usadas para identificar os defeitos dos purgadores de vapor. Contabilizam-se, nesta metodologia, os purgadores de vapor com defeitos devidos a passagem direta, vazamentos ou ciclos rápidos, que tenham provocado perdas de vapor.

Tabela 1: Definições na identificação dos defeitos dos purgadores de vapor

TERMOS	DESCRIÇÃO	DEFINIÇÃO
OK	Purgador adequado	Purgador em modo de operação normal.
BT	Passagem direta	O purgador apresentou defeito em modo de funcionamento aberto, com o máximo de perda de vapor. O purgador deve ser reparado ou substituído.
LK	Vazamentos	O purgador apresentou defeito em modo de funcionamento parcialmente aberto, com uma perda de vapor de aproximadamente 25% do máximo. O purgador deve ser reparado ou substituído.
RC	Ciclos rápidos	O purgador de disco está passando para o modo de funcionamento com defeito.
PL	Fechado	O purgador apresentou defeito na posição fechada e está retendo o condensado. O purgador deve ser reparado ou substituído.
FL	Inundado	Supõe-se que o tamanho do purgador não seja adequado, de modo que ele não consegue lidar com a carga de condensado. O purgador deve ser substituído por outro do tamanho adequado.
OS	Fora de funcionamento	A linha de abastecimento de vapor está desligada e o purgador não está funcionando.
NT	Não testado	O purgador está funcionando, mas não foi testado por não estar acessível, por não ser possível alcançá-lo, por estar em lugar alto demais, etc.

Etapa 2: Economias de vapor resultantes de reparo e/ou substituição de purgadores de vapor

As perdas de vapor resultantes de purgadores de vapor defeituosos são calculadas para cada purgador de vapor individualmente, com base nos resultados da inspeção dos



purgadores de vapor. A perda de um purgador de vapor é calculada com a seguinte fórmula, que resulta da abordagem da Masoneilan, mas foi ajustada para estimar as perdas de vapor de forma mais conservadora:

$$L_{t,y} = \frac{1 \text{ kg}}{2.2046 \text{ lbs}} \cdot FT_{t,y} \cdot FS_{t,y} \cdot CV_{t,y} \cdot h_{t,y} \cdot \sqrt{(P_{in,t} - P_{out,t}) \cdot (P_{in,t} + P_{out,t})} \quad (1)$$

Onde:

$L_{t,y}$ é a perda de vapor decorrente do purgador de vapor t durante o período y em kg de vapor;

$FT_{t,y}$ é o fator do tipo de defeito do purgador de vapor t durante o período y ;

$FS_{t,y}$ é o fator de serviço do purgador de vapor t durante o período y ;

$CV_{t,y}$ é o coeficiente de fluxo do purgador de vapor t durante o período y ;

$h_{t,y}$ são as horas de funcionamento do purgador de vapor t no período y em horas;

$P_{in,t}$ é a pressão do vapor na entrada do purgador de vapor t em psia;

$P_{out,t}$ é a pressão do condensado na saída do purgador de vapor t em psia.

A equação 1 acima pode ser aplicada aos purgadores de vapor em que foram identificados defeitos em modo de funcionamento aberto ou parcialmente aberto (passagem direta, vazamentos, ciclos rápidos) durante a inspeção periódica descrita na etapa 1. A equação somente é válida para pressões de saída $P_{out,t}$ iguais ou superiores a $P_{in,t}/2$. Portanto, se em um purgador de vapor a pressão de saída $P_{out,t}$ for inferior à pressão de entrada dividida por 2, deve-se utilizar $P_{in,t}/2$ como o valor para a pressão de saída $P_{out,t}$ na equação 1 acima.

O fator do tipo de defeito é um valor empírico estimado pela companhia *Armstrong*, o qual reflete que as perdas em caso de vazamentos e ciclos rápidos são consideravelmente menores do que as perdas em caso de passagem direta. Espera-se que os purgadores de vapor com vazamentos percam 25% da quantidade dos purgadores de vapor com defeito de passagem direta, enquanto que se espera que os purgadores de vapor com ciclos rápidos percam 20% da quantidade do vapor perdido por um purgador com passagem direta. A Tabela 2 ilustra os valores do fator do tipo de defeito, FT, para esses três tipos de defeitos dos purgadores de vapor.

Tabela 2: Fator do Tipo de Defeito (FT)

Tipo de defeito	FT
Passagem direta (BT)	1
Vazamentos (LK)	0,25
Ciclos rápidos (RC)	0,2

Juntamente com o tipo de defeito, o fator de serviço, FS, é introduzido para refletir as diferentes aplicações dos purgadores de vapor. O fator de serviço, FT, leva em conta que as perdas reais de vapor dependem do tamanho do purgador (orifício) em relação à



carga real (fator de segurança de capacidade S), o que difere entre as aplicações dos purgadores de vapor. Se um purgador de vapor apresentar defeito estando amplamente aberto, tanto a quantidade normal de condensado quanto o vapor ativo vão usar o mesmo orifício. Portanto, a perda real de vapor em relação à perda teórica de vapor em um fluxo de vapor puro é reduzida, dependendo do tamanho em relação à carga real. Ao produzir os fatores de serviço, FS , sugeridos para diferentes aplicações na Tabela 3, supõe-se que a razão do fluxo real de vapor em relação ao fluxo teórico de vapor seja $(S-1)/S$.¹

$$FS = 2.1 \cdot \frac{S-1}{S} \quad (2)$$

Onde:

FS é um fator de serviço;
 S é o fator de segurança de capacidade, que expressa a razão da capacidade do purgador (orifício) e da carga real do condensado em uma aplicação.

Tabela 3: Fator de Serviço (FS)

Aplicação	Fator de segurança de capacidade (S)	Fator de Serviço (FS)
Purgadores de vapor do processo	1,75	0,9
Purgadores de vapor de gotejamento e traçador	3,0	1,4
Fluxo de vapor (sem condensado)	Muito grande	2,1

Por fim, as perdas de vapor dependem do tamanho real do orifício. O coeficiente de fluxo, CV , é uma função do tamanho do orifício:

$$CV = 22.1 \cdot D^2 \quad (3)$$

Onde:

CV é o coeficiente de fluxo;
 D é o diâmetro do orifício do purgador de vapor, em polegadas.

Com a tabela 2, a tabela 3 e as equações 1 e 3, pode-se calcular a perda de cada purgador de vapor defeituoso. As economias totais de vapor decorrentes do reparo e/ou substituição dos purgadores de vapor são calculadas como a diferença das perdas na ausência do projeto (linha de base) e das perdas identificadas na usina durante o monitoramento.

¹ O valor de 2,1 foi incluído, a partir da fórmula de Masoneil, no fator de serviço, FS .



$$\Delta L_{\text{steam traps}, y} = \left[\sum_{\text{blow-thru steam traps}} L_{t,0} + \sum_{\text{leaking steam traps}} L_{t,0} + \sum_{\text{rapid cycling steam traps}} L_{t,0} - \left[\sum_t L_{t,y} \right] \right] \cdot \frac{1}{1000} \quad (4)$$

Steam traps, y = Purgadores de vapor, y

Blow-thru steam traps = Purgadores de vapor com passagem direta

Leaking steam traps = Purgadores de vapor com vazamentos

Rapid cycling steam traps = Purgadores de vapor com ciclos rápidos

Onde:

- $\Delta L_{\text{steam traps}, y}$ é a economia de vapor resultante do reparo e/ou manutenção dos purgadores de vapor durante o período y, em toneladas de vapor;
- $L_{t,0}$ é a perda de vapor decorrente do purgador de vapor t na usina do projeto, na ausência da atividade do projeto, em kg de vapor, em razão de passagem direta, vazamentos ou ciclos rápidos;
- $L_{t,y}$ é a perda de vapor causada pelo purgador de vapor t durante o período y, em kg de vapor, em razão de passagem direta, vazamentos ou ciclos rápidos.

Ao calcular as perdas dos purgadores de vapor na ausência da atividade do projeto, $L_{t,0}$, com a equação 1 acima, o tempo de funcionamento real, $h_{t,y}$, durante o período monitorado y deve ser usado se for mais baixo que o tempo de funcionamento antes da implantação do projeto, $h_{t,0}$. Do contrário, o tempo de funcionamento do purgador de vapor antes da implantação do projeto, $h_{t,0}$, deve ser usado como abordagem conservadora.

Etapa 3: Economias de vapor resultantes do retorno do condensado

Uma inspeção da quantidade de retorno do condensado é realizada na usina do projeto e em cinco usinas similares selecionadas (grupo de controle) antes da implantação do projeto (Índice 0) e durante a implantação na usina do projeto (Índice y), segundo a orientação descrita acima em “Adicionalidade”. Na usina da atividade do projeto e nas usinas do grupo de controle, devem ser determinadas:

- A quantidade de retorno do condensado, $m_{\text{condensate}}$;
- A quantidade de geração de vapor, m_{steam} ;
- A entalpia do condensado, $h_{\text{Condensate}}$, como função da temperatura, pressão e fração de vapor;
- A quantidade de água de alimentação, $m_{\text{makeupwater}}$ (água de alimentação fria);
- A entalpia da água de alimentação, $h_{\text{makeupwater}}$, como função da temperatura;
- A quantidade de geração de vapor, m_{steam} ;
- A entalpia do vapor, h_{steam} , como função da temperatura e pressão.

Antes da implantação da atividade do projeto, devem-se calcular os valores médios



relativos aos últimos dois anos. Os valores médios durante o período monitorado devem ser calculados em relação a todas as variáveis da equação 5 para a usina do projeto. Com esses dados, a economia relativa de vapor decorrente do retorno do condensado, $l_{\text{condensate}}$, expressa a porcentagem de vapor economizada por vapor gerado e pode ser calculada durante determinado período, como a seguir:

$$l_{\text{condensate}} = \frac{(h_{\text{condensate}} - h_{\text{makeupwater}}) \cdot m_{\text{condensate}}}{h_{\text{steam}} \cdot m_{\text{steam}}} \quad (5)$$

Onde:

- $l_{\text{condensate}}$ é a média da economia relativa de vapor decorrente do retorno do condensado em uma usina (toneladas de vapor economizado por toneladas de vapor produzido);
- $h_{\text{condensate}}$ é a entalpia média do retorno do condensado na caldeira em kJ/kg como função da temperatura;
- $h_{\text{makeupwater}}$ é a entalpia média da água de alimentação para o desareador na caldeira em kJ/kg como função da temperatura;
- $m_{\text{condensate}}$ é a quantidade de condensado devolvido à caldeira em kg;
- h_{steam} é a entalpia média do vapor que sai da caldeira kJ/kg, como função da pressão e temperatura;
- m_{steam} é a quantidade de vapor produzida na caldeira em kg (corresponde à quantidade de água de alimentação, mais o condensado, mais o vapor para o desareador, menos a purga da caldeira).

O aumento relativo da economia de vapor é a diferença da economia relativa de vapor antes e depois da implantação da atividade do projeto.

$$\Delta l_{\text{condensate},y} = (l_{\text{P,condensate},y} - l_{\text{P,condensate},0}) \quad (6)$$

Onde:

- $\Delta l_{\text{condensate},y}$ é a média da economia relativa de vapor decorrente do aumento do retorno do condensado na atividade do projeto, ajustada em relação aos aumentos no grupo de controle durante o período y ;
- $l_{\text{P,condensate},y}$ é a média da economia relativa de vapor decorrente do retorno do condensado na usina do projeto durante o período y ;
- $l_{\text{P,condensate},0}$ é a média da economia relativa de vapor decorrente do retorno do condensado na usina do projeto antes da implantação da atividade do projeto.

A economia de vapor em termos absolutos (toneladas) pode, então, ser calculada do seguinte modo:

$$\Delta L_{\text{condensate},y} = \Delta l_{\text{condensate},y} \cdot m_{\text{P,steam},y} \quad (7)$$

Onde:



$\Delta L_{\text{condensate},y}$	é a economia de vapor resultante do aumento do retorno do condensado na atividade do projeto, durante o período y , em toneladas de vapor;
$\Delta l_{\text{condensate},y}$	é a média da economia relativa de vapor resultante do aumento do retorno do condensado na atividade do projeto;
$m_{P,\text{steam},y}$	é a quantidade de geração de vapor na caldeira da usina do projeto durante o período y , em toneladas.

O proponente do projeto precisa garantir que a economia de vapor resultante da recuperação do condensado, com o uso das fórmulas acima, não seja maior que a diferença absoluta entre a atividade do projeto e a linha de base. A fórmula pode gerar uma economia maior de vapor nos casos em que o funcionamento durante a atividade do projeto seja mais baixo do que na linha de base e nos casos em que haja uma utilização parcial ou inferior à capacidade da usina. Nesse último caso, o proponente do projeto deve usar o valor mais baixo da economia de vapor, a menos que possa demonstrar que o valor fornecido pelas fórmulas acima ainda seja mais apropriado nessa situação.

Etapa 4: Reduções de emissões de CO₂ decorrentes da economia de vapor

As reduções de emissões de CO₂ decorrentes da economia de vapor são calculadas supondo-se que o vapor seja gerado em uma caldeira movida a combustíveis fósseis na área da usina.

$$ER_{\text{steam},y} = EF_{\text{CO}_2,\text{Fuel}} \cdot \frac{(\Delta L_{\text{steam traps},y} + \Delta L_{\text{condensate},y}) \cdot h_{\text{steam},y}}{\epsilon_{\text{boiler}}} \quad (8)$$

Onde:

$ER_{\text{steam},y}$	são as reduções de emissões de CO ₂ decorrentes da economia de vapor durante o período y , em toneladas de CO ₂ ;
$EF_{\text{CO}_2,\text{Fuel}}$	é o fator de emissão de CO ₂ do tipo de combustível queimado na caldeira em kg CO ₂ /kJ;
$\Delta L_{\text{steam traps},y}$	é a economia de vapor resultante do reparo e/ou manutenção dos purgadores de vapor durante o período y , em toneladas de vapor;
$\Delta l_{\text{condensate},y}$	é a economia de vapor resultante do aumento do retorno do condensado na atividade do projeto, durante o período y , em toneladas de vapor;
$h_{\text{steam},y}$	é a entalpia média do vapor que sai da caldeira na usina do projeto durante o período y , como função da pressão e temperatura, em kJ/kg;
ϵ_{boiler}	é a eficiência energética da caldeira.

Para estimar a eficiência da caldeira, o valor mais alto dentre os três valores abaixo deve ser usado como abordagem conservadora:

1. A eficiência medida antes da implantação do projeto.
2. A eficiência medida durante o monitoramento.



3. As informações do fabricante sobre a eficiência da caldeira.

Ao determinar o poder calorífico líquido (NCV) dos combustíveis, dados locais ou nacionais confiáveis devem ser usados, se houver. Quando esses dados não existirem, os fatores de emissão padrão do IPCC (específicos do país, se houver) devem ser escolhidos de maneira conservadora.

Etapa 5: Mudanças no consumo de eletricidade resultantes do retorno do condensado

Os participantes do projeto devem determinar qualquer mudança no consumo de eletricidade resultante do funcionamento do sistema de retorno do condensado. Eletricidade adicional pode ser necessária para bombear e tratar (purificação) o retorno do condensado. Além disso, a energia necessária para bombear a água de alimentação para a usina pode ser reduzida com o aumento do retorno do condensado.

A energia necessária para fornecer a água de alimentação, $EL_{makeupwater}$, e o retorno do condensado, $EL_{condensate}$, deve ser determinada para o contexto específico da atividade do projeto. Os dados da energia necessária para a água de alimentação podem ser obtidos na companhia de água local ou ser medidos, nos casos em que o abastecimento de água seja fornecido localmente. A energia necessária para o retorno do condensado deve ser medida no local.

As mudanças no consumo de eletricidade ΔEL são calculadas como a diferença entre o retorno do condensado no caso do projeto e no caso da linha de base, multiplicada pela diferença na energia necessária para o condensado e a água de alimentação.

$$\Delta EL_y = (m_{P,condensate,y} - m_{BL,condensate,y}) \cdot (EL_{condensate} - EL_{makeupwater}) \quad (9)$$

O retorno do condensado na ausência do projeto é ajustado em relação às mudanças no nível de atividade (produção de vapor). Além disso, como abordagem conservadora, o retorno do condensado é comparado entre a usina do projeto antes da implantação da atividade do projeto e as usinas do grupo de controle antes da implantação da atividade do projeto. O valor relativamente mais alto deve ser considerado o nível do retorno do condensado na linha de base:

$$m_{BL,condensate,y} = m_{p,condensate,0} \cdot \frac{m_{p,steam,y}}{m_{p,steam,0}} \quad (10)$$

Onde:

ΔEL_y é a mudança líquida no consumo de eletricidade durante o período y , em kWh (um valor positivo que indique um aumento no consumo de eletricidade);

$m_{P,condensate,y}$ é a quantidade de retorno do condensado para a caldeira da usina do projeto durante o período y , em toneladas;



$m_{BL,condensate,y}$	é a quantidade de condensado que teria retornado à caldeira, na ausência da atividade do projeto, na usina do projeto, durante o período y , em toneladas;
$EL_{condensate}$	é a quantidade de eletricidade necessária para tratar e bombear uma tonelada de condensado de retorno à usina do projeto, em kWh/tonelada;
$EL_{feedwater}$	é a quantidade de eletricidade necessária para fornecer uma tonelada de água de alimentação à usina do projeto, em kWh/tonelada;
$m_{Pcondensate,0}$	é a quantidade de condensado que retornou para a caldeira na usina do projeto antes da implantação da atividade do projeto, em toneladas;
$m_{P,steam,y}$	é a quantidade de geração de vapor na caldeira da usina do projeto durante o período y , em toneladas;
$m_{P,steam,0}$	é a quantidade de geração de vapor na caldeira da usina do projeto antes da implantação da atividade do projeto, em toneladas.

Etapa 6: Mudanças nas emissões de CO₂ causadas pelas mudanças no consumo de eletricidade

As emissões de CO₂ causadas pelas mudanças no consumo de eletricidade, ΔEL , são calculadas usando-se:

- A intensidade média de emissão de CO₂ da respectiva rede de eletricidade ou das usinas de energia da companhia de eletricidade, nos casos em que a eletricidade for comprada da rede; ou
- Um fator de emissão específico do projeto, nos casos em que a eletricidade seja gerada no local.

Se companhia de eletricidade puder fornecer um fator médio de emissão de CO₂ para a geração de eletricidade e demonstrar que o fator foi calculado de maneira coerente, transparente e precisa, esse fator poderá ser usado pelos participantes do projeto. Quando não houver esse fator, os participantes do projeto devem determinar um fator médio de emissão de CO₂ da rede de eletricidade, definido como as emissões médias ponderadas da geração por unidade de geração de eletricidade em todas as fontes geradoras que abasteçam o sistema, com base nos dados estatísticos mais recentes disponíveis.

$$EF_{Electricity,y} = \frac{\sum_i F_{i,y} \cdot NCV_i \cdot EF_{CO_2,i}}{\sum_i GEN_{i,y} \cdot (1 - TD_{loss})} \times 1000 \quad (11)$$

Onde:

$EF_{Electricity,y}$	é o fator de emissão de CO ₂ para as mudanças na eletricidade em razão da atividade do projeto, durante o período y , em kg CO ₂ /kWh;
$F_{i,y}$	é o consumo do combustível queimado na usina de energia i , durante o período y , em toneladas;



NCV_i	é o poder calorífico líquido do tipo de combustível queimado na usina de energia i , em kJ/kg;
$EF_{CO_2,i}$	é o fator de emissão de CO_2 de tipo de combustível queimado na usina de energia i , em CO_2/kJ ;
$GEN_{i,y}$	é a quantidade de geração de eletricidade na usina de energia i , durante o período y , em kWh;
TD_{loss}	são as perdas de transmissão e distribuição no sistema de eletricidade para o nível de tensão em que a eletricidade é fornecida à usina do projeto, em porcentagem.

Para a geração de eletricidade no local, o fator de emissão pode ser calculado de forma similar, com base nos dados mais recentes do consumo de combustível, da geração de eletricidade e das perdas do sistema.

Por fim, as mudanças nas emissões de CO_2 provocadas pelas mudanças no consumo de eletricidade correspondem a:

$$ER_{electricity,y} = -\Delta EL_y \cdot EF_{Electricity,y} \cdot \frac{1}{1000} \quad (12)$$

Onde:

$ER_{electricity,y}$	é a mudança líquida nas emissões de CO_2 decorrentes das mudanças no consumo de eletricidade durante o período y , em toneladas de CO_2 (um valor positivo que indique uma redução das emissões);
ΔEL_y	é a mudança líquida no consumo de eletricidade durante o período y , em kWh (um valor positivo que indique um aumento no consumo de eletricidade);
$EF_{Electricity,y}$	é o fator de emissão de CO_2 para as mudanças na eletricidade em razão da atividade do projeto, durante o período y , em $kg CO_2/kWh$.

Etapa 7: Reduções líquidas das emissões de CO_2

Por fim, as reduções das emissões de CO_2 são determinadas com as reduções das emissões de CO_2 resultantes da economia de vapor e as mudanças líquidas das emissões de CO_2 resultantes das mudanças no consumo de eletricidade:

$$ER_y = ER_{steam,y} + ER_{electricity,y} \quad (13)$$

Onde:

ER_y	são as reduções líquidas de emissões de CO_2 da atividade do projeto, durante o período y , em toneladas de CO_2 ;
$ER_{steam,y}$	são as reduções de emissões de CO_2 resultantes da economia de vapor, durante o período y , em toneladas de CO_2 ;
$ER_{electricity,y}$	é a mudança líquida nas emissões de CO_2 resultantes das mudanças no consumo de eletricidade, durante o período y , em toneladas de CO_2 .



Fugas

Os efeitos das fugas não são contabilizados nesta metodologia. A maior parte das possíveis fontes de fugas é levada em conta no cálculo das emissões da linha de base.



Revisão da metodologia aprovada de monitoramento AM0017

“Melhorias na eficiência do sistema de vapor por meio da substituição dos purgadores de vapor e do retorno do condensado”

Fonte

Esta metodologia baseia-se no documento de concepção do projeto “Melhorias na eficiência do sistema de vapor das refinarias em Fushun, China”, cujo estudo da linha de base, plano de monitoramento e verificação, e documento de concepção do projeto foram elaborados pela Quality Tonnes e Beijing Tuofeng Armstrong Steam System Energy Conservation Technologies Co., Ltd. Mais informações sobre a proposta e sua análise pelo Conselho Executivo podem ser obtidas no caso NM0017-rev: “Melhorias na eficiência do sistema de vapor das refinarias em Fushun, China”, no endereço: <http://cdm.unfccc.int/methodologies/PAmethodologies/approved.html>.

Aplicabilidade

Esta metodologia se aplica às atividades de projetos de melhoria da eficiência do vapor, com as seguintes condições:

- A eficiência do vapor seja melhorada por meio da substituição e/ou reparo dos purgadores de vapor e do retorno (coleta e reutilização) do condensado;
- O vapor seja gerado em uma caldeira movida a combustível fóssil;
- A manutenção periódica dos purgadores de vapor ou o retorno do condensado não sejam práticas comuns ou exigidas pelas regulamentações do país;
- Dados sobre as condições dos purgadores de vapor e o retorno do condensado possam ser obtidos em pelo menos cinco outras usinas similares.

Esta metodologia de monitoramento deve ser usada em conjunto com a metodologia aprovada de linha de base AM0017 (“Melhorias na eficiência do sistema de vapor por meio da substituição dos purgadores de vapor e do retorno do condensado”).

Metodologia de Monitoramento

A metodologia de monitoramento envolve a coleta de dados de fontes diferentes. Uma inspeção dos purgadores de vapor deve ser realizada pelo menos uma vez por ano na usina do projeto, e os seguintes dados específicos precisam ser coletados para cada purgador de vapor:

- Localização física (identificação, localização, elevação, etc.);
- Informações sobre o tipo de purgador de vapor (fabricante, modelo, tamanho do orifício, etc.);
- Pressão (pressão de vapor na entrada P_{in} , pressão de vapor na saída P_{out});
- Informações sobre a aplicação (gotejador, traçador, bobina, processo, respiradouros, drenos de líquidos), os equipamentos (aquecedor de unidade, radiador, umidificador, etc.) e a tubulação (direção, válvula de entrada, filtro, válvula de saída);



- As condições de funcionamento, que são testadas por meio de escuta ultra-sônica, inspeção visual se possível e sistemas automatizados de monitoramento do purgador de vapor;
- As horas de funcionamento no ano;
- Quaisquer outros comentários, inclusive sobre problemas específicos, como golpe de aríete, insulação insuficiente ou inadequada, vazamentos de vapor na tubulação ou válvulas, instalação inadequada dos purgadores e outros problemas relacionados com o vapor.

Todos os funcionários responsáveis por testar os purgadores de vapor devem ser técnicos treinados e com experiência pertinente nessa área. Os resultados da inspeção dos purgadores de vapor devem ser documentados de modo transparente. Ao avaliar as condições de funcionamento, as definições da Tabela 1 devem ser usadas para identificar os defeitos dos purgadores de vapor. Caso tenham sido identificados defeitos em um purgador de vapor durante uma inspeção, supõe-se que o purgador de vapor tenha apresentado defeito desde a última inspeção.

Para calcular a economia de vapor decorrente do retorno do condensado na usina do projeto, as seguintes informações precisam ser coletadas:

- A quantidade de geração de vapor, retorno do condensado e água de alimentação;
- Informações sobre a geração de vapor na caldeira (eficiência, tipo de combustível, poder calorífico líquido, fator de emissão de CO₂);
- Para calcular a entalpia dos diferentes fluxos: temperatura e pressão do vapor, temperatura da água de alimentação, temperatura, pressão e fração de vapor no retorno do condensado;
- Informações sobre a geração de eletricidade, se houver (geração de eletricidade, consumo de combustível, tipo de combustível, poder calorífico líquido);
- Informações sobre a necessidade de eletricidade para purificar e tratar o retorno do condensado.

Por fim, também é necessário coletar dados de outras instituições:

- O fator de emissão de CO₂ da rede (de uma companhia de eletricidade ou dados da geração de eletricidade, consumo de combustível e tipo de combustível de cada usina do sistema, assim como dados dos valores caloríficos líquidos e dos fatores de emissão dos combustíveis);
- A eletricidade necessária para bombear a água de alimentação se for fornecida por uma companhia local.



Dados a serem coletados ou usados para monitorar as reduções de emissões

Número de identificação	Tipo dos dados	Variável dos dados	Unidade dos dados	Medidos (m), calculados (c) ou estimados (e)	Frequência do registro	Parcela dos dados a ser monitorada	Como os dados serão arquivados? (eletronicamente/ em papel)	Por quanto tempo os dados arquivados serão mantidos?	Comentários
1.	Massa	Geração de vapor	Toneladas	m	Mensal	100%	Eletronicamente	2 anos após a emissão das RCEs	A ser monitorada continuamente e relatada na usina do projeto
2.	Temperatura	Temperatura do vapor	Graus Celsius (C°)	m	Mensal	100%	Eletronicamente	2 anos após a emissão das RCEs	A ser monitorada continuamente e relatada na usina do projeto. Para calcular a entalpia do vapor
3.	Pressão	Pressão do vapor	Pa	m	Mensal	100%	Eletronicamente	2 anos após a emissão das RCEs	A ser monitorada continuamente e relatada na usina do projeto. Para calcular a entalpia do vapor
4.	Massa	Condensado recuperado	Toneladas	m	Mensal	100%	Eletronicamente	2 anos após a emissão das RCEs	A ser monitorado continuamente e relatado na usina do projeto
5.	Temperatura	Temperatura do condensado	Graus Celsius (C°)	m	Mensal	100%	Eletronicamente	2 anos após a emissão das RCEs	A ser monitorada continuamente e relatada na usina do projeto. Para calcular a entalpia do condensado
6.	Massa	Água de alimentação	Toneladas	m	Mensal	100%	Eletronicamente	2 anos após a emissão das RCEs	A ser monitorada continuamente e relatada na usina do projeto
7.	Temperatura	Temperatura da água de alimentação	Graus Celsius (C°)	m	Mensal	100%	Eletronicamente	2 anos após a emissão das RCEs	A ser monitorada na usina do projeto
8.	Quantidade	Purgadores de vapor em funcionamento e testados	Unidades	m	Trimestral/anual	25%/100%	Eletronicamente	2 anos após a emissão das RCEs	A serem monitoradas na usina do projeto
9.	Tempo	Tempo de funcionamento de cada purgador de vapor na usina do	h	m	Contínua/anual	25%/100%	Eletronicamente	2 anos após a emissão das RCEs	



Número de identificação	Tipo dos dados	Variável dos dados	Unidade dos dados	Medidos (m), calculados (c) ou estimados (e)	Frequência do registro	Parcela dos dados a ser monitorada	Como os dados serão arquivados? (eletronicamente/ em papel)	Por quanto tempo os dados arquivados serão mantidos?	Comentários
		projeto							
10.	Texto	As condições de funcionamento de cada purgador de vapor na usina do projeto		m	Trimestral/anual	25%/100%	Eletronicamente	2 anos após a emissão das RCEs	Avaliação de cada purgador de vapor de acordo com a Tabela 1 da metodologia de linha de base
11.	Pressão	Pressão na entrada de cada purgador de vapor na usina do projeto	Psia	m	Trimestral/anual	25%/100%	Eletronicamente	2 anos após a emissão das RCEs	
12.	Pressão	Pressão na saída de cada purgador de vapor na usina do projeto	Psia	m	Trimestral/anual	25%/100%	Eletronicamente	2 anos após a emissão das RCEs	
13.	Eficiência	Eficiência da caldeira	%	m e c	Mensal	100%	Eletronicamente	2 anos após a emissão das RCEs	De acordo com padrões reconhecidos internacionalmente, tais como BS 845, ASME PTC, etc.
14.	Intensidade	Poder calorífico líquido do combustível queimado na caldeira	kJ/kg	m ou c	Anual	100%	Eletronicamente	2 anos após a emissão das RCEs	Dados locais, nacionais ou do IPCC
15.	Fator de emissão	Fator de emissão de CO ₂ do combustível queimado na caldeira	Kg CO ₂ /kJ	m ou c	Anual	100%	Eletronicamente	2 anos após a emissão das RCEs	Dados locais, nacionais ou do IPCC. A Entidade Operacional Designada precisa verificar a confiabilidade do teor de carbono do combustível, se estimado em âmbito local ou a aplicação do valor do IPCC pertinente
16.	Eficiência	Eletricidade	kWh/t	m ou c	Anual	100%	Eletronicamente	2 anos após a	Fornecida pela companhia de água



MDL – Conselho Executivo

AM0017/Versão 2

Escopo setorial: 3

22 de junho de 2005

Número de identificação	Tipo dos dados	Variável dos dados	Unidade dos dados	Medidos (m), calculados (c) ou estimados (e)	Frequência do registro	Parcela dos dados a ser monitorada	Como os dados serão arquivados? (eletronicamente/ em papel)	Por quanto tempo os dados arquivados serão mantidos?	Comentários
		necessária para bombear a água de alimentação						emissão das RCEs	local ou pela usina
17.	Eficiência	Eletricidade necessária para o funcionamento do equipamento de recuperação de condensado	kWh/t	m e c	Anual	100%	Eletronicamente	2 anos após a emissão das RCEs	
18.	Fator de emissão	Intensidade média de emissão de CO ₂ da oferta de eletricidade	CO ₂ /kWh	m ou c	Anual	100%	Eletronicamente	2 anos após a emissão das RCEs	Fornecida pela companhia de eletricidade, se confiável, ou calculada com dados estatísticos ou para a geração no local



Procedimentos de Controle da Qualidade (CQ) e Garantia da Qualidade (GQ)

Dados	Nível de incerteza dos dados (Alto/Médio/Baixo)	Procedimentos de GQ/CQ foram planejados para esses dados?	Explicação de como os procedimentos de GQ/CQ foram planejados
1.	Baixo	Sim	Os medidores das linhas de vapor precisam ser calibrados de forma adequada e sua precisão verificada periodicamente. Mais explicações são dadas abaixo.
2.	Baixo	Sim	A temperatura será medida de acordo com as práticas da indústria.
3.	Baixo	Sim	A pressão será monitorada com o uso de medidores padrão, de acordo com as práticas da indústria.
4.	Baixo	Sim	Os medidores das linhas de condensado precisam ser calibrados de forma adequada e sua precisão verificada periodicamente. Mais explicações são dadas abaixo.
5.	Baixo	Sim	Os transmissores de temperatura das linhas de condensado precisam ser calibrados de forma adequada e sua precisão verificada periodicamente. Mais explicações são dadas abaixo.
6.	Médio	Sim	Os medidores de fluxo padrão estarão funcionando e serão calibrados de acordo com as especificações do fabricante.
7.	Baixo	Sim	Os transmissores de temperatura das linhas de água de alimentação precisam ser calibrados de forma adequada e sua precisão verificada periodicamente. Mais explicações são dadas abaixo.
8.	Baixo	Sim	Verificações da coerência em relação aos dados das usinas do grupo de controle e de inspeções anteriores.
9.	Médio	Sim	Verificações da coerência em relação aos dados de inspeções anteriores.
10.	Médio	Sim	A determinação das condições de funcionamento é realizada com diferentes métodos de análise.



11.	Baixo	Sim	A pressão será monitorada com o uso de medidores padrão de acordo com as práticas da indústria.
12.	Baixo	Sim	A pressão será monitorada com o uso de medidores padrão de acordo com as práticas da indústria.
13.	Médio	Sim	Aplicação periódica de diferentes métodos de medição (por exemplo, diretos e indiretos) para verificar os resultados da medição.
14.	Médio	Sim	Se não houver dados precisos dos fornecedores de combustível, os valores padrão mais conservadores do IPCC serão usados.
15.	Médio	Sim	Se não houver dados precisos dos fornecedores de combustível, os valores padrão mais conservadores do IPCC serão usados.
16.	Baixo	Sim	A garantia e o controle da qualidade para esse fator estão fora do escopo do projeto, se a água for fornecida pela companhia de água. Porém, a coerência dos dados será verificada, se a usina fornecer sua própria água subterrânea ou superficial; medidores de fluxo padrão e medidores de energia serão usados e calibrados de acordo com as especificações do fabricante.
17.	Baixo	Sim	Medidores de eletricidade padrão serão usados e calibrados de acordo com as especificações do fabricante.
18.	Médio	Sim	A confiabilidade dos dados de uma companhia de eletricidade é checada em relação a outras fontes nacionais (por exemplo, estatísticas). Se não houver dados precisos e confiáveis da companhia de eletricidade, um fator médio de emissão será calculado com informações estatísticas acessíveis ao público e, se necessário, com valores padrão do IPCC para os fatores de emissão.



Dados das emissões de CO₂ provenientes do fornecimento de eletricidade

Se não houver um fator de emissão de CO₂ confiável e preciso da companhia de eletricidade, o fator de emissão de CO₂ médio ponderado da geração, para a geração de eletricidade, incluindo-se todas as fontes de geração, será calculado com estatísticas nacionais. Se possível, valores caloríficos líquidos e fatores de emissão nacionais devem ser usados. Se não existirem, os fatores de emissão padrão do IPCC podem ser usados de maneira conservadora.

Para os fatores de emissão padrão, as Diretrizes do IPCC de 1996 para os Inventários de Gases de Efeito Estufa (Diretrizes Revisadas do IPCC de 1996 para os Inventários Nacionais de Gases de Efeito Estufa) e o Relatório da Orientação de Boas Práticas (Orientação de Boas Práticas e Gerenciamento de Incertezas nos Inventários Nacionais de Gases de Efeito Estufa, IPCC) devem ser consultados não apenas para obter valores padrão, mas também a metodologia de monitoramento, assim como o gerenciamento de incertezas, para assegurar a credibilidade dos dados. Esses documentos podem ser obtidos por download no site: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/>. O último documento é suplementar ao primeiro.

Diretrizes de 1996:

- Vol. 2, Módulo 1 (Energia) para metodologia
- Vol. 3, Módulo 1 (Energia) para aplicação (inclusive valores padrão)

Orientação de Boas Práticas de 2000 nos Inventários de Gases de Efeito Estufa e Gerenciamento de Incertezas

- Capítulo 2: Energia
- Capítulo 6: Incertezas

AIE (Estatísticas Anuais)

- Emissões de CO₂ da Queima de Combustíveis
- Estatísticas de Energia dos Países que não fazem parte da OCDE