

O CENÁRIO BASE DAS EMISSÕES DE METANO EM FORNOS RAC 220 NA PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL

Ivana Márcia Oliveira Maia, Ivana-marcia@hotmail.com
Euclides Pereira Lima, euclidesapl@yahoo.com.br
Solidônio Rodrigues de Carvalho, solidonio@mecanica.ufu.br

Resumo: Os Créditos de Carbono foram criados para auxiliar no processo de redução de Gases de efeito Estufa (GEE) e no sequestro de carbono. O objetivo deste mecanismo é incentivar a implantação de projetos que apresentem uma redução ou captura de emissões de gases causadores do efeito estufa. O Brasil é o único produtor de ferro-gusa a carvão vegetal do mundo. Como um insumo energético, o carvão vegetal apresenta relevante importância para a economia brasileira, porém alguns processos produtivos podem envolver problemas de ordem sociais e ambientais. Este trabalho aborda a definição do cenário base das emissões de metano na produção de carvão vegetal em grande escala em fornos tipo batch RAC 220, utilizado por algumas das maiores empresas desse segmento. Assim, a partir da estimativa da quantidade de gases emitidos neste processo de carbonização, pode-se implantar melhorias no método, maximizando a qualidade da produção reduzindo as emissões de gases na atmosfera.

Palavras-chave: Créditos de carbono, cenário base, metano

1. INTRODUÇÃO

Os Créditos de Carbono foram criados para auxiliar no processo de redução de Gases de efeito Estufa (GEE) e no sequestro de carbono. O objetivo deste mecanismo é incentivar a implantação de projetos que apresentem uma redução ou captura de emissões de gases causadores do efeito estufa.

Como signatário, o Brasil não possui metas de redução, porém precisa manter a ONU informada do seu nível de emissões buscando o desenvolvimento de estratégias para as mudanças climáticas. Assim, é componente do grupo de países que ao reduzir sua emissão, pode negociar essa redução com países mais poluentes.

O Brasil é o único produtor de ferro-gusa a carvão vegetal do mundo, portanto, como um insumo energético, o carvão vegetal apresenta relevante importância para a economia brasileira

Este trabalho aborda a definição do cenário base das emissões de metano na produção de carvão vegetal em grande escala em fornos tipo batch RAC 220, utilizado por algumas das maiores empresas desse segmento. Assim, a partir da estimativa da quantidade de gases emitidos neste processo de carbonização, pode-se implantar melhorias no método, maximizando a qualidade da produção reduzindo as emissões de gases na atmosfera.

2. METODOLOGIA

A metodologia proposta, onde são previstas a obtenções de cenários base para os fornos de produção industrial tipo RAC 220, envolve etapas de montagem da bancada de equipamentos adotada pelas metodologias propostas nos protocolos AM041 e AMSIII_K.

Essas metodologias seguem princípios de mitigação de emissões de metano, seja pela melhoria do rendimento do processo de carbonização ou pela captação e queima do CH_4 que seria emitido diretamente à atmosfera. As diferenças entre as duas metodologias são apresentadas no esquema simplificado demonstrado na Fig. (1).

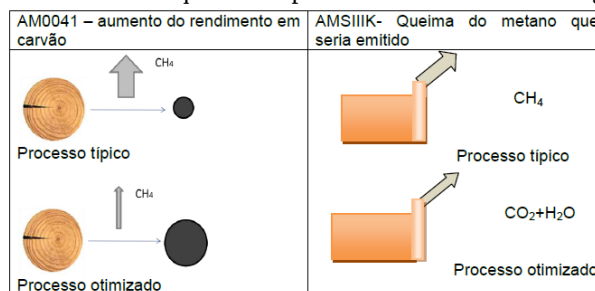


Figura 1 - Esquema simplificado das metodologias AM0041 e AMSIIIK. (Adaptado de Normas UNFCCC)

As normas do MDL, AM0041 e AMSIII.K sugerem a bancada de coleta de gases apresentada na Fig. (2). Porém não são específicas quanto ao uso de tais equipamentos. Neste trabalho será detalhada a seqüência de ações e estratégias para a coleta de amostras de gases para a análise de suas emissões, tomando como referência as normas, considerando porém, a usabilidade dos equipamentos e a precisão dos resultados.

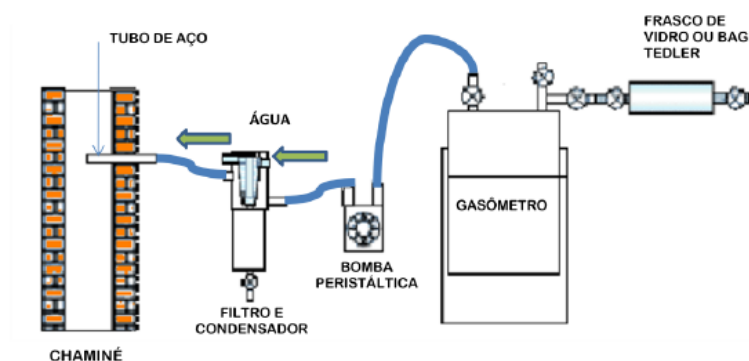


Figura 2 - Bancada sugerida nas normas AM0041 e AMSIII.K. (Normas do UNFCCC).

Algumas empresas nacionais sugerem equipamentos mais precisos para executar a coleta dos gases. De acordo com um esquema no qual o gás coletado flui diretamente para o filtro, o que pode propiciar grande acúmulo de partículas nesta parte do equipamento. Para minimizar esse efeito, pode-se acrescentar um ciclone associado a um frasco Erlenmeyer, como mostra a Fig (3). O ciclone tem a função de retirar do fluxo de gases as partículas maiores que caem e se depositam no frasco Erlenmeyer.

Caso o material amostrado não apresente partículas de grande tamanho, o ciclone com o frasco Erlenmeyer podem ser substituídos por uma peça de vidraria de “by-pass”.

O planejamento experimental e estatístico determinará o cenário base a partir do correlacionamento dos níveis de emissão de cada fase da produção (secagem-pirólise-resfriamento do carvão vegetal), a parâmetros como a umidade da madeira, temperatura de carbonização e rendimento gravimétrico dos fornos.

Segundo Lima (2007), a estação de amostragem deverá ser instalada em local adequado, contemplando as características de distribuição dos gases objetos de estudo, levando em consideração a segurança, proteção dos equipamentos contra intempéries, vandalismos e a disponibilidade de recursos como a energia elétrica.

Para tanto, conta-se com recursos para o desenvolvimento do projeto oriundos da parceria FEMEC-UFU/Votorantim Siderurgia e projetos de pesquisa vinculados ao CNPq.

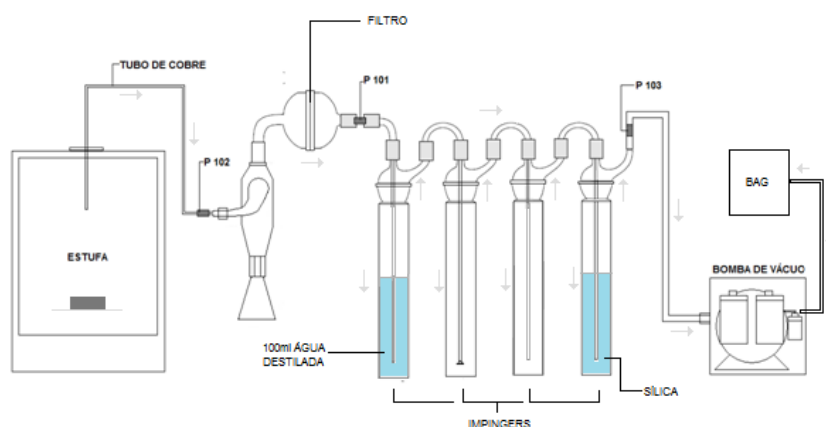


Fig 3– Bancada de coleta de gases em laboratório. (Arquivos LTCM).

3. TESTES PRELIMINARES

Devido à necessidade de se conhecer as características do carvão vegetal produzido na empresa, serão realizados testes experimentais no Laboratório de Transferência de Calor e Massa (LTCM-UFU).

O experimento consiste na produção do carvão vegetal em laboratório em condições análogas às da produção em campo. A madeira utilizada é o Eucalipto, que após secagem prévia é cortada em porções medidas e pesadas a fim de conhecer-se o rendimento gravimétrico de cada fornada.

- A madeira é colocada na estufa para o processo de carbonização, que nesse ensaio ocorre em aproximadamente 40min. Durante o processo, acontecem as coletas de amostras da fumaça produzida, com o tempo devidamente registrado em cada coleta.

A Fig 3 corresponde à bancada de coleta das amostras, adaptada do Conjunto CIPA (Empresa Energética) que atende às normas brasileiras e é empregado em coleta isocinética de amostras (particulados, gases, vapores ou névoas) dos gases efluentes de processos industriais.

- O tubo de cobre ½” situado na saída da estufa transporta os gases até o Ciclone onde ocorre a primeira separação dos componentes produzidos na carbonização. O líquido pirolenhoso assim como parte do alcatrão ficam retidos no Erlenmeyer, recipiente situado logo abaixo do Ciclone e os gases, puxados pela bomba de vácuo, passam pelo filtro, onde ficam retidos mais resíduos sólidos da carbonização. A partir daí os gases percorrem quatro Impingers de vidro, devidamente conectados entre si e à bomba de vácuo. Dois desses Impingers devem estar preenchidos, um com 100ml de água destilada e o último até a metade com sílica, a fim de reter a umidade.

A Fig. (4) estabelece que a emissão de metano é inversamente proporcional ao rendimento gravimétrico. Comportamento semelhante foi apresentado por Rezende (2007), em testes em uma planta industrial em fornos industriais.

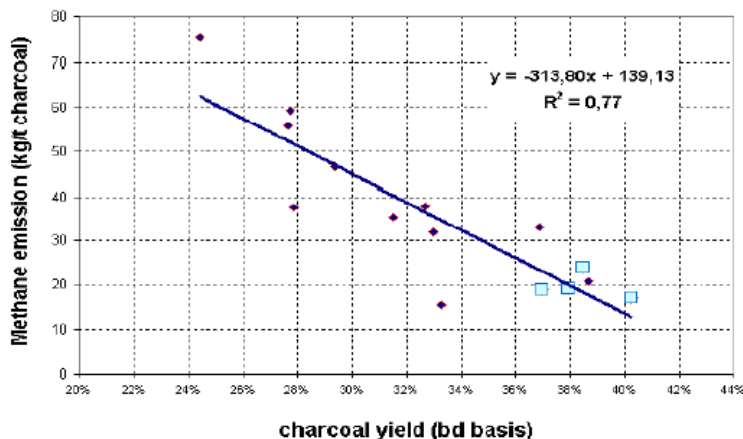


Figura 4- Emissão de metano em função do rendimento gravimétrico (Rezende, 2007)

Os resultados obtidos por Rezende (2007) são oriundos da coleta direta dos gases na chaminé de fornos industriais o que justifica o alto nível de emissão de metano.

5- Pesquisa em Campo

Coleta das Amostras

Embora o experimento em laboratório seja feito em condições análogas, a coleta de amostras em campo envolvem condições com maiores níveis de dificuldade. O trem de amostragem deve ser instalado próximo à chaminé, nivelado e protegido de intempéries.

Neste caso é importante o uso das caixas quente e fria a fim de estabelecer o fluxo do gás com o mínimo de resíduos e umidade.

A fim de viabilizar a execução da coleta de amostras em campo desenvolveu-se com base no Projeto Plantar (2011), uma sequência de procedimentos para minimizar os imprevistos, considerando a natureza experimental do trabalho:

Na empresa, o trem de amostragem deve estar localizado próximo à chaminé pesquisada. Portanto há necessidade de adaptações no sistema elétrico para conexão dos equipamentos;

Nivelamento do terreno e colocação de estruturas para posicionar os trens de amostragem;

Perfuração dos orifícios nas chaminés para introdução das sondas de amostragem. Para a pesquisa, deve-se perfurar a chaminé em três alturas diferentes, em pontos distintos da circunferência da chaminé.

Instalação de tendas para proteção da equipe e dos equipamentos contra intempéries.

Instalado o trem de amostragem na chaminé do forno será realizada a coleta dos gases durante todo o ciclo de carbonização (duração de 3 a 6,5 dias de coleta) Fig.

Antes da carbonização a madeira seca será pesada.

As medições serão realizadas após ignição dos fornos. Sem interferência no procedimento padrão do processo de carbonização da empresa.

O processo será programado para que sejam realizados 6 ciclos de amostragem com duração de 10 minutos por hora, a uma taxa de 1,5 L/minuto. O gás coletado a cada ciclo será armazenado em bags mantidos sob refrigeração de aproximadamente 4°C até a análise.

Após a carbonização, o carvão retirado do forno será pesado para que seja definido o rendimento gravimétrico da fornada.

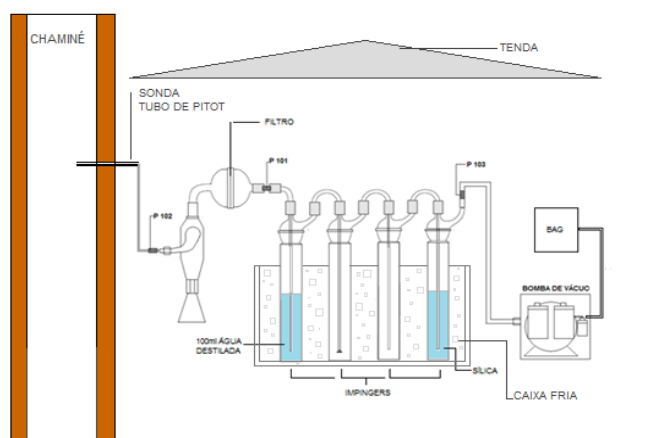


Figura 5 – Trem de coleta de amostragem em campo. (Arquivos LTCM).

Ao final de cada campanha de amostragem, será realizada a manutenção dos trens de amostragem, incluindo a limpeza das sondas, condensadores, filtros e vidraria, bem como a verificação geral dos equipamentos.

Após a coleta das amostras, estas são encaminhadas para a análise por cromatografia, que é definida como um processo físico-químico de separação de misturas onde os constituintes da amostra são dispostos entre uma fase estacionária e uma fase móvel (Marani, 2007). A separação ocorre na coluna, envolvendo duas fases distintas: a fase estacionária, que reside dentro da coluna e a fase móvel, que é sempre um fluido (líquido, na cromatografia líquida ou um gás, na cromatografia gasosa). A fase móvel se desloca pela fase estacionária.

Na cromatografia gasosa (fig. 6), a amostra é transportada por um gás de arraste, através de uma coluna onde ocorre a separação dos constituintes da amostra. As diferenças entre a interação dos constituintes da amostra com o material que compõe a coluna (chamados de fase estacionária), leva cada constituinte a percorrê-la em diferentes tempos, causando sua separação. Porém para uma substância poder ser arrastada por um fluxo de gás, ela deve se dissolver (pelo menos parcialmente) nesse gás, que não interage com a amostra, apenas a transporta através da coluna.

Para a análise de metano, o gás adotado é o hidrogênio, mantido sob alta pressão em cilindros especiais que flui através do sistema a um fluxo constante. Os componentes da linha de gás são os controladores de vazão e pressão de gás e os dispositivos de purificação de gás.

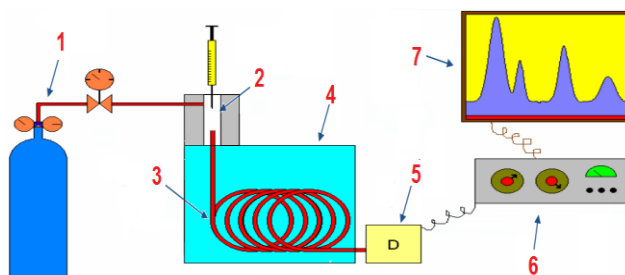


Figura 6 – Elementos de um cromatógrafo – Fluxo da análise.

O fluxo da análise (Fig.6) inicia com a liberação do gás de arraste (nesta pesquisa, hidrogênio) a partir do reservatório de gás e controles de vazão e pressão (1), no injetor (2) ocorre a vaporização da amostra e o seu encontro com a fase móvel. O gás de arraste transporta então a amostra pelo interior da coluna (3), aquecida pelo forno (4), onde ocorre a separação dos componentes da amostra. Os detectores (5) são responsáveis pela detecção e determinação dos picos de interesse, gerando sinais quando ocorre passagem de substâncias diferentes do gás de arraste, que são percebidos pela eletrônica de tratamento (6) e registrados no cromatograma gerado no computador (7).

A CG(cromatografia gasosa) é uma técnica eminentemente quantitativa que tem como princípio básico de quantificação a proporcionalidade entre a área dos picos registradas no cromatograma e a massa do composto injetada. Segundo Valente (2003) a análise quantitativa da amostra implica na obtenção de uma curva analítica para o analito a ser quantificado.

A análise é baseada em estabelecer o valor da área da banda cromatográfica. Na cromatografia gasosa a banda é registrada como um pico que idealmente, deve ter formato gaussiano, permitindo que a área seja calculada como a área do triângulo isósceles onde o pico cromatográfico está inserido (Fig.7).

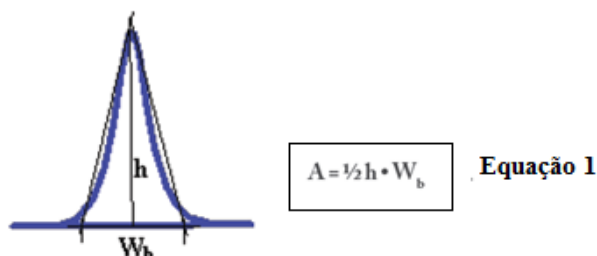


Figura 7 - Cálculo da área do pico cromatográfico por triangulação. Fonte: Adaptado de Valente (2003).

Medindo-se as áreas cromatográficas se estabelecem as quantidades de analitos em amostras analisadas e a melhor forma de realizar quantificações é a baseada numa Curva Analítica. A curva analítica ou curva de calibração, é a relação entre os sinais (no caso, as áreas) e as quantidades do analito a ser quantificado (Fig 8).

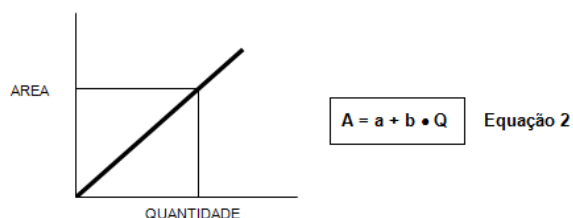


Figura 8 – Esboço de uma Curva Analítica linear, representada pela equação de uma reta. (Valente, 2003)

Para uma análise qualitativa confiável por cromatografia é recomendável combinação de dados provenientes de pelo menos duas fontes para a determinação da identidade da amostra propriamente dita.

Para obter a curva analítica (ou curva de calibração) prepara-se um conjunto de soluções com um padrão do analito que se deseja quantificar em amostras. Assim, deve-se conhecer a identidade do analito e dispor dele na forma

de padrão (puro ou, se isso não for possível, com pureza exatamente conhecida e determinada independentemente, pois gases de altíssima pureza podem ser muito caros, o que eleva consideravelmente os custos da pesquisa).

Segundo Valente (2003) seis soluções costumam ser suficientes para este trabalho. Estas soluções são aplicadas lado a lado na placa cromatográfica e é realizada a corrida cromatográfica.

Dispondo da equação da curva analítica (Equação 2) pode-se calcular as quantidades do analito em amostras.

Definição da curva analítica do metano:

- Analisam-se no cromatógrafo 5 amostras de metano com concentrações diferentes e conhecidas (C1 a C5). Determinam-se 5 cromatogramas correspondentes (1 a 5);
- Para cada cromatograma i, calcula a banda cromatográfica (área sob o pico);
- O resultado gera a Tabela 1:

C (g/L)	ÁREA (A)
C ₁	A ₁
C ₂	A ₂
C ₃	A ₃
C ₄	A ₄
C ₅	A ₅

- Aplicando-se regressão linear nos dados da tabela, definem-se os valores de a,b.
- Determina-se a curva analítica do metano para esta pesquisa:

$$A = a + b \cdot C \quad \text{EQUAÇÃO 2}$$

A curva analítica, segundo Valente (2003), é definida como a relação entre sinais e quantidades. Neste caso, as quantidades são representadas pelas concentrações das soluções, o que implica que os volumes das amostras aplicados na placa são iguais. Dispondo da equação da curva analítica calculam-se as quantidades do analito nas amostras.

Realizam-se as corridas com as amostras coletadas (mesmo volume usado na solução-padrão), com as mesmas condições. As áreas dos picos do analito nas amostras são apresentadas na Tabela 2:

ÁREAS DO ANALITO
Am ₁
Am ₂
Am ₃
Am ₄
Am ₅

- A área de cada amostra é substituída na Equação 2.
- Obtém-se a quantidade do analito em cada amostra (no caso, sua concentração).

$$A = a + b \cdot C$$

$$C = (A - a) / b \quad \text{gL}^{-1}$$

Onde :

A é cada área da Tabela 2;

a,b são constantes determinadas na Curva Analítica,

C é a concentração em g/L.

Conhecendo a concentração de metano de cada amostra de gases analisada, o rendimento gravimétrico do processo e a vazão da fumaça em cada uma das fases de carbonização quando ocorreram as coletas, pode-se conhecer a emissão total de metano no experimento.

Neste trabalho, é prevista a obtenção do cenário base para o forno RAC 220, a partir das seguintes etapas:

- 1) Definição do cenário base considerando os fornos não instrumentados (forno padrão) (cenário 1) .
- 2) Obtenção do cenário de emissão em fornos instrumentados e otimizados (cenário2).

3) Comparação da emissão entre os fornos “padrão” e instrumentados.

4. CONCLUSÃO

A produção mecanizada do carvão vegetal, uma vez caracterizada pela emissão de gases de efeito estufa, estabelece um processo passível de interferência de forma que esta venha a promover a redução de emissões, portanto o desafio consiste em atender ao princípio fundamental da filosofia do UNFCCC, a redução da agressão ao meio ambiente. Nestes termos, a linha base deve ser precisa, desenvolvida dentro de padrões de confiabilidade, de fácil compreensão com praticidade em sua metodologia de aplicação. Este trabalho, ainda que não apresente resultados concisos, aponta para a importância da baseline, ou cenário base, como importante ferramenta na evolução do processo produtivo do carvão vegetal e apresenta uma metodologia para obtê-la.

5. AGRADECIMENTOS

Agradecemos a CAPES, CNPQ, VOTORANTIM e FAPEMIG.

6. REFERÊNCIAS

- ABEMC- Associação Brasileira das Empresas do Mercado de Carbono. BOLETIM INFORMATIVO 2011. Disponível em http://www.abemc.com.br2/boletins/edicao_5/ acesso em 25/05/2011.
- BRITO, J. O. PRINCÍPIOS DE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE CARVÃO VEGETAL DE MADEIRA. DOCUMENTOS FLORESTAIS, Piracicaba, SP, Maio, ENERGÉTICA, Manual de Operação. Coletor Isocinético Poluentes Atmosféricos. Rio de Janeiro, 1997.
- FIGUEIRA JR, E.; Zaiden, A. R.;Oliveira, R. M.; Borges, V. L.;Carvalho, S. R. METHANE EMISSION DURING CHARCOAL PRODUCTION: PRELIMINAR ANALYSIS. Anais do 21 Brazilian Congress of Mechanical Engineering, Natal, Brasil, 2011.
- LIMA, I. B.; EMISSÃO DE METANO POR RESERVATÓRIOS HIDRELÉTRICOS AMAZÔNICOS ATRAVÉS DE LEIS DE POTÊNCIA. Tese de Doutorado . USP. São Paulo 2002.
- NORMAS DA UNFCC - Disponível em <http://cdm.unfccc.int/index.html> Acesso em outubro/2009. AM0041-(2010). Disponível em http://cdm.unfccc.int/UserManagement/FileStorage/CDMWF_AM_6AUG884HINVSFPDZN0LQY4N581BSF
- AMSIII.K-(2010) - Disponível em: http://cdm.unfccc.int/UserManagement/FileStorage/CDMWF_AM_ZBFK5T27N1DE9P6WT0J7DUPLQ1VLM.
- PINHEIRO, P.C.C. A PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL: TEORIA E PRÁTICA. Elmo Viana, Maria Emília Antunes de Rezende, Paulo César da Costa Pinheiro, Ronaldo Santos Sampaio. 1ª. ed. Belo Horizonte: Edição do autor, 2006.
- REZENDE, M.E. Tecnologias para Produção de Carvão Vegetal. Seminário Interno CAF, BIOCARBO. Itabirito, MG,2007.

O CENÁRIO BASE DAS EMISSÕES DE METANO EM FORNOS RAC 220 NA PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL

Ivana Márcia Oliveira Maia, Ivana-marcia@hotmail.com

Euclides Pereira Lima, euclidesapl@yahoo.com.br

Solidônio Rodrigues de Carvalho, solidonio@mecanica.ufu.

Resumo: Os Créditos de Carbono foram criados para auxiliar no processo de redução de Gases de efeito Estufa (GEE) e no seqüestro de carbono. O objetivo deste mecanismo é incentivar a implantação de projetos que apresentem uma redução ou captura de emissões de gases causadores do efeito estufa. O Brasil é o único produtor de ferro-gusa a carvão vegetal do mundo. Como um insumo energético, o carvão vegetal apresenta relevante importância para a economia brasileira, porém alguns processos produtivos podem envolver problemas de ordem sociais e ambientais. Este trabalho aborda a definição do cenário base das emissões de metano na produção de carvão vegetal em grande escala em fornos tipo batch RAC 220, utilizado por algumas das maiores empresas desse segmento. Assim, a partir da estimativa da quantidade de gases emitidos neste processo de carbonização, pode-se implantar melhorias no método, maximizando a qualidade da produção reduzindo as emissões de gases na atmosfera.

Palavras-chave: Créditos de carbono, cenário base, metano

7. INTRODUÇÃO

Os Créditos de Carbono foram criados para auxiliar no processo de redução de Gases de efeito Estufa (GEE) e no seqüestro de carbono. O objetivo deste mecanismo é incentivar a implantação de projetos que apresentem uma redução ou captura de emissões de gases causadores do efeito estufa.

Como signatário, o Brasil não possui metas de redução, porém precisa manter a ONU informada do seu nível de emissões buscando o desenvolvimento de estratégias para as mudanças climáticas. Assim, é componente do grupo de países que ao reduzir sua emissão, pode negociar essa redução com países mais poluentes.

O Brasil é o único produtor de ferro-gusa a carvão vegetal do mundo, portanto, como um insumo energético, o carvão vegetal apresenta relevante importância para a economia brasileira

Este trabalho aborda a definição do cenário base das emissões de metano na produção de carvão vegetal em grande escala em fornos tipo batch RAC 220, utilizado por algumas das maiores empresas desse segmento. Assim, a partir da estimativa da quantidade de gases emitidos neste processo de carbonização, pode-se implantar melhorias no método, maximizando a qualidade da produção reduzindo as emissões de gases na atmosfera.

8. METODOLOGIA

A metodologia proposta, onde são previstas a obtenções de cenários base para os fornos de produção industrial tipo RAC 220, envolve etapas de montagem da bancada de equipamentos adotada pelas metodologias propostas nos protocolos AM041 e AMSIII_K.

Essas metodologias seguem princípios de mitigação de emissões de metano, seja pela melhoria do rendimento do processo de carbonização ou pela captação e queima do CH_4 que seria emitido diretamente à atmosfera. As diferenças entre as duas metodologias são apresentadas no esquema simplificado demonstrado na Fig. (1).

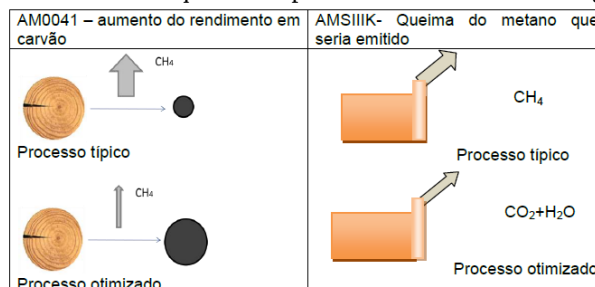


Figura 1 - Esquema simplificado das metodologias AM0041 e AMSIII.K. (Adaptado de Normas UNFCCC)

As normas do MDL, AM0041 e AMSIII.K sugerem a bancada de coleta de gases apresentada na Fig. (2). Porém não são específicas quanto ao uso de tais equipamentos. Neste trabalho será detalhada a seqüência de ações e estratégias para a coleta de amostras de gases para a análise de suas emissões, tomando como referência as normas, considerando porém, a usabilidade dos equipamentos e a precisão dos resultados.

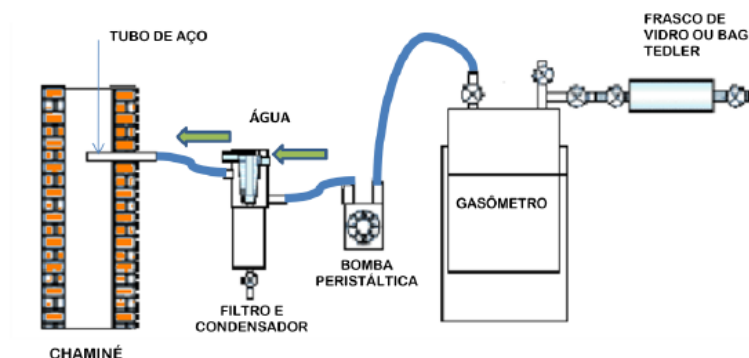


Figura 2 - Bancada sugerida nas normas AM0041 e AMSIIIK. (Normas do UNFCCC).

Algumas empresas nacionais sugerem equipamentos mais precisos para executar a coleta dos gases. De acordo com um esquema no qual o gás coletado flui diretamente para o filtro, o que pode propiciar grande acúmulo de partículas nesta parte do equipamento. Para minimizar esse efeito, pode-se acrescentar um ciclone associado a um frasco Erlenmeyer, como mostra a Fig (3). O ciclone tem a função de retirar do fluxo de gases as partículas maiores que caem e se depositam no frasco Erlenmeyer.

Caso o material amostrado não apresente partículas de grande tamanho, o ciclone com o frasco Erlenmeyer podem ser substituídos por uma peça de vidraria de “by-pass”.

O planejamento experimental e estatístico determinará o cenário base a partir do correlacionamento dos níveis de emissão de cada fase da produção (secagem-pirólise-resfriamento do carvão vegetal), a parâmetros como a umidade da madeira, temperatura de carbonização e rendimento gravimétrico dos fornos.

Segundo Lima (2007), a estação de amostragem deverá ser instalada em local adequado, contemplando as características de distribuição dos gases objetos de estudo, levando em consideração a segurança, proteção dos equipamentos contra intempéries, vandalismos e a disponibilidade de recursos como a energia elétrica.

Para tanto, conta-se com recursos para o desenvolvimento do projeto oriundos da parceria FEMEC-UFU/Votorantim Siderurgia e projetos de pesquisa vinculados ao CNPq.

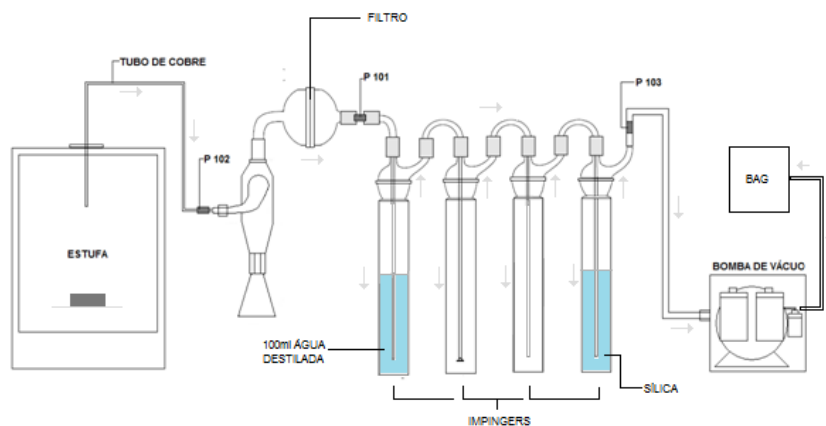


Fig 3– Bancada de coleta de gases em laboratório. (Arquivos LTCM).

9. TESTES PRELIMINARES

Devido à necessidade de se conhecer as características do carvão vegetal produzido na empresa, serão realizados testes experimentais no Laboratório de Transferência de Calor e Massa (LTCM-UFU).

O experimento consiste na produção do carvão vegetal em laboratório em condições análogas às da produção em campo. A madeira utilizada é o Eucalipto, que após secagem prévia é cortada em porções medidas e pesadas a fim de conhecer-se o rendimento gravimétrico de cada fornada.

- A madeira é colocada na estufa para o processo de carbonização, que nesse ensaio ocorre em aproximadamente 40min. Durante o processo, acontecem as coletas de amostras da fumaça produzida, com o tempo devidamente registrado em cada coleta.

A Fig 3 corresponde à bancada de coleta das amostras, adaptada do Conjunto CIPA (Empresa Energética) que atende às normas brasileiras e é empregado em coleta isocinética de amostras (particulados, gases, vapores ou névoas) dos gases efluentes de processos industriais.

- O tubo de cobre ½” situado na saída da estufa transporta os gases até o Ciclone onde ocorre a primeira separação dos componentes produzidos na carbonização. O líquido pirolenhoso assim como parte do alcatrão ficam retidos no Erlenmeyer, recipiente situado logo abaixo do Ciclone e os gases, puxados pela bomba de vácuo, passam pelo filtro, onde ficam retidos mais resíduos sólidos da carbonização. A partir daí os gases percorrem quatro Impingers de vidro, devidamente conectados entre si e à bomba de vácuo. Dois desses Impingers devem estar preenchidos, um com 100ml de água destilada e o último até a metade com sílica, a fim de reter a umidade.

A Fig. (4) estabelece que a emissão de metano é inversamente proporcional ao rendimento gravimétrico. Comportamento semelhante foi apresentado por Rezende (2007), em testes em uma planta industrial em fornos industriais.

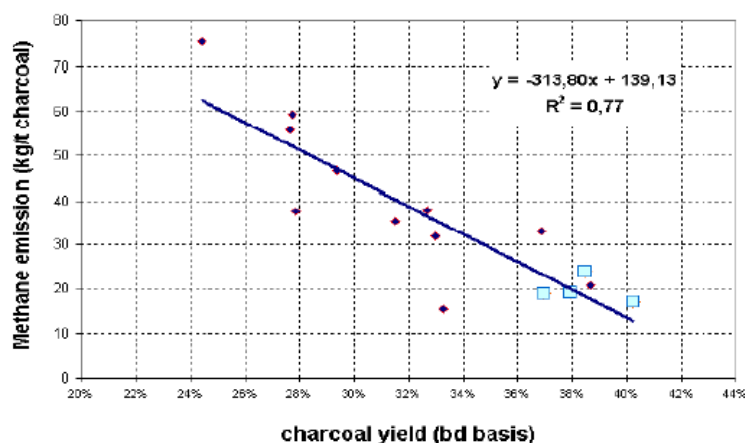


Figura 4- Emissão de metano em função do rendimento gravimétrico (Rezende, 2007)

Os resultados obtidos por Rezende (2007) são oriundos da coleta direta dos gases na chaminé de fornos industriais o que justifica o alto nível de emissão de metano.

5- Pesquisa em Campo

Coleta das Amostras

Embora o experimento em laboratório seja feito em condições análogas, a coleta de amostras em campo envolvem condições com maiores níveis de dificuldade. O trem de amostragem deve ser instalado próximo à chaminé, nivelado e protegido de intempéries.

Neste caso é importante o uso das caixas quente e fria a fim de estabelecer o fluxo do gás com o mínimo de resíduos e umidade.

A fim de viabilizar a execução da coleta de amostras em campo desenvolveu-se com base no Projeto Plantar (2011), uma sequência de procedimentos para minimizar os imprevistos, considerando a natureza experimental do trabalho:

Na empresa, o trem de amostragem deve estar localizado próximo à chaminé pesquisada. Portanto há necessidade de adaptações no sistema elétrico para conexão dos equipamentos;

Nivelamento do terreno e colocação de estruturas para posicionar os trens de amostragem;

Perfuração dos orifícios nas chaminés para introdução das sondas de amostragem. Para a pesquisa, deve-se perfurar a chaminé em três alturas diferentes, em pontos distintos da circunferência da chaminé.

Instalação de tendas para proteção da equipe e dos equipamentos contra intempéries.

Instalado o trem de amostragem na chaminé do forno será realizada a coleta dos gases durante todo o ciclo de carbonização (duração de 3 a 6,5 dias de coleta) Fig.

Antes da carbonização a madeira seca será pesada.

As medições serão realizadas após ignição dos fornos. Sem interferência no procedimento padrão do processo de carbonização da empresa.

O processo será programado para que sejam realizados 6 ciclos de amostragem com duração de 10 minutos por hora, a uma taxa de 1,5 L/minuto. O gás coletado a cada ciclo será armazenado em bags mantidos sob refrigeração de aproximadamente 4°C até a análise.

Após a carbonização, o carvão retirado do forno será pesado para que seja definido o rendimento gravimétrico da fornada.

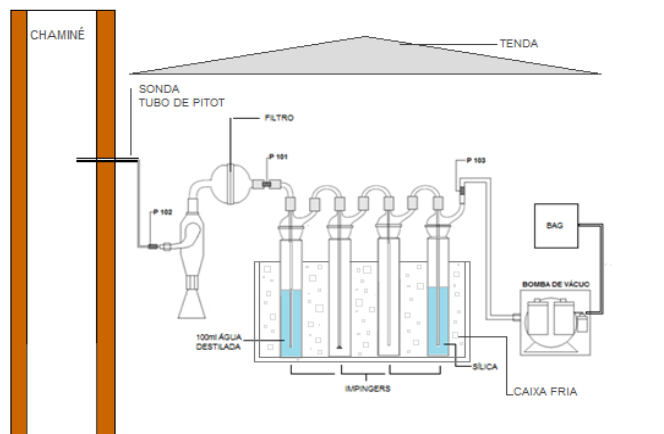


Figura 5 – Trem de coleta de amostragem em campo. (Arquivos LTCM).

Ao final de cada campanha de amostragem, será realizada a manutenção dos trens de amostragem, incluindo a limpeza das sondas, condensadores, filtros e vidraria, bem como a verificação geral dos equipamentos.

Após a coleta das amostras, estas são encaminhadas para a análise por cromatografia, que é definida como um processo físico-químico de separação de misturas onde os constituintes da amostra são dispostos entre uma fase estacionária e uma fase móvel (Marani, 2007). A separação ocorre na coluna, envolvendo duas fases distintas: a fase estacionária, que reside dentro da coluna e a fase móvel, que é sempre um fluido (líquido, na cromatografia líquida ou um gás, na cromatografia gasosa). A fase móvel se desloca pela fase estacionária.

Na cromatografia gasosa (fig. 6), a amostra é transportada por um gás de arraste, através de uma coluna onde ocorre a separação dos constituintes da amostra. As diferenças entre a interação dos constituintes da amostra com o material que compõe a coluna (chamados de fase estacionária), leva cada constituinte a percorrê-la em diferentes tempos, causando sua separação. Porém para uma substância poder ser arrastada por um fluxo de gás, ela deve se dissolver (pelo menos parcialmente) nesse gás, que não interage com a amostra, apenas a transporta através da coluna.

Para a análise de metano, o gás adotado é o hidrogênio, mantido sob alta pressão em cilindros especiais que flui através do sistema a um fluxo constante. Os componentes da linha de gás são os controladores de vazão e pressão de gás e os dispositivos de purificação de gás.

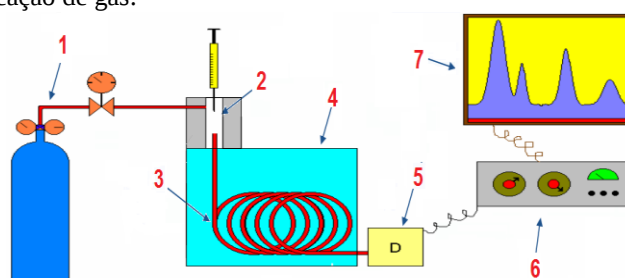


Figura 6 – Elementos de um cromatógrafo – Fluxo da análise.

O fluxo da análise (Fig.6) inicia com a liberação do gás de arraste (nesta pesquisa, hidrogênio) a partir do reservatório de gás e controles de vazão e pressão (1), no injetor (2) ocorre a vaporização da amostra e o seu encontro com a fase móvel. O gás de arraste transporta então a amostra pelo interior da coluna (3), aquecida pelo forno (4), onde ocorre a separação dos componentes da amostra. Os detectores (5) são responsáveis pela detecção e determinação dos picos de interesse, gerando sinais quando ocorre passagem de substâncias diferentes do gás de arraste, que são percebidos pela eletrônica de tratamento (6) e registrados no cromatograma gerado no computador (7).

A CG(cromatografia gasosa) é uma técnica eminentemente quantitativa que tem como princípio básico de quantificação a proporcionalidade entre a área dos picos registradas no cromatograma e a massa do composto injetada. Segundo Valente (2003) a análise quantitativa da amostra implica na obtenção de uma curva analítica para o analito a ser quantificado.

A análise é baseada em estabelecer o valor da área da banda cromatográfica. Na cromatografia gasosa a banda é registrada como um pico que idealmente, deve ter formato gaussiano, permitindo que a área seja calculada como a área do triângulo isósceles onde o pico cromatográfico está inserido (Fig.7).

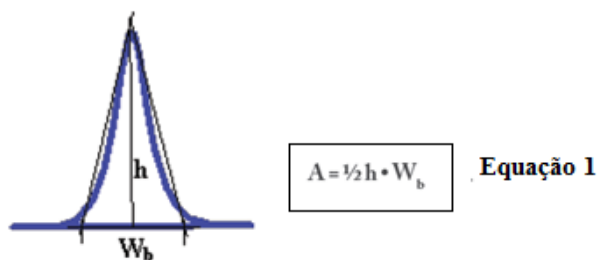


Figura 7 - Cálculo da área do pico cromatográfico por triangulação.Fonte: Adaptado de Valente (2003).

Medindo-se as áreas cromatográficas se estabelecem as quantidades de analitos em amostras analisadas e a melhor forma de realizar quantificações é a baseada numa Curva Analítica. A curva analítica ou curva de calibração, é a relação entre os sinais (no caso, as áreas) e as quantidades do analito a ser quantificado (Fig 8).

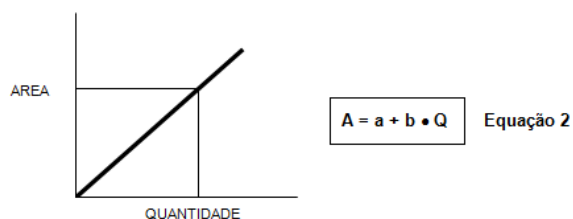


Figura 8 – Esboço de uma Curva Analítica linear, representada pela equação de uma reta. (Valente, 2003)

Para uma análise qualitativa confiável por cromatografia é recomendável combinação de dados provenientes de pelo menos duas fontes para a determinação da identidade da amostra propriamente dita.

Para obter a curva analítica (ou curva de calibração) prepara-se um conjunto de soluções com um padrão do analito que se deseja quantificar em amostras. Assim, deve-se conhecer a identidade do analito e dispor dele na forma de padrão (puro ou, se isso não for possível, com pureza exatamente conhecida e determinada independentemente, pois gases de altíssima pureza podem ser muito caros, o que eleva consideravelmente os custos da pesquisa).

Segundo Valente (2003) seis soluções costumam ser suficientes para este trabalho. Estas soluções são aplicadas lado a lado na placa cromatográfica e é realizada a corrida cromatográfica.

Dispondo da equação da curva analítica (Equação 2) pode-se calcular as quantidades do analito em amostras.

Definição da curva analítica do metano:

- Analisam-se no cromatógrafo 5 amostras de metano com concentrações diferentes e conhecidas (C1 a C5). Determinam-se 5 cromatogramas correspondentes (1 a 5);
- Para cada cromatograma i, calcula a banda cromatográfica (área sob o pico);
- O resultado gera a Tabela 1:

C (g/L)	ÁREA (A)
C ₁	A ₁
C ₂	A ₂
C ₃	A ₃
C ₄	A ₄
C ₅	A ₅

- Aplicando-se regressão linear nos dados da tabela, definem-se os valores de a,b.
- Determina-se a curva analítica do metano para esta pesquisa:

$$A = a + b \cdot Q \quad \text{EQUAÇÃO 2}$$

A curva analítica, segundo Valente (2003), é definida como a relação entre sinais e quantidades. Neste caso, as quantidades são representadas pelas concentrações das soluções, o que implica que os volumes das amostras aplicados na placa são iguais. Dispondo da equação da curva analítica calculam-se as quantidades do analito nas amostras.

Realizam-se as corridas com as amostras coletadas (mesmo volume usado na solução-padrão), com as mesmas condições. As áreas dos picos do analito nas amostras são apresentadas na Tabela 2:

ÁREAS DO ANALITO
Am ₁
Am ₂
Am ₃
Am ₄
Am ₅

- A área de cada amostra é substituída na Equação 2.
- Obtém-se a quantidade do analito em cada amostra (no caso, sua concentração).

$$A = a + b.C$$

$$C = (A - a)/b \text{ gL}^{-1}$$

Onde :

A é cada área da Tabela 2;

a,b são constantes determinadas na Curva Analítica,

C é a concentração em gL.

Conhecendo a concentração de metano de cada amostra de gases analisada, o rendimento gravimétrico do processo e a vazão da fumaça em cada uma das fases de carbonização quando ocorreram as coletas, pode-se conhecer a emissão total de metano no experimento.

Neste trabalho, é prevista a obtenção do cenário base para o forno RAC 220, a partir das seguintes etapas:

- 1) Definição do cenário base considerando os fornos não instrumentados (forno padrão) (cenário 1) .
- 2) Obtenção do cenário de emissão em fornos instrumentados e otimizados (cenário2).
- 3) Comparação da emissão entre os fornos “padrão” e instrumentados.

10. CONCLUSÃO

A produção mecanizada do carvão vegetal, uma vez caracterizada pela emissão de gases de efeito estufa, estabelece um processo passível de interferência de forma que esta venha a promover a redução de emissões, portanto o desafio consiste em atender ao princípio fundamental da filosofia do UNFCCC, a redução da agressão ao meio ambiente. Nestes termos, a linha base deve ser precisa, desenvolvida dentro de padrões de confiabilidade, de fácil compreensão com praticidade em sua metodologia de aplicação. Este trabalho, ainda que não apresente resultados concisos, aponta para a importância da baseline, ou cenário base, como importante ferramenta na evolução do processo produtivo do carvão vegetal e apresenta uma metodologia para obtê-la.

11. AGRADECIMENTOS

Agradecemos a CAPES, CNPQ, VOTORANTIM e FAPEMIG.

12. REFERÊNCIAS

- ABEMC- Associação Brasileira das Empresas do Mercado de Carbono. BOLETIM INFORMATIVO 2011. Disponível em http://www.abemc.com.br2/boletins/edicao_5/ acesso em 25/05/2011.
- BRITO, J. O. PRINCÍPIOS DE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE CARVÃO VEGETAL DE MADEIRA. DOCUMENTOS FLORESTAIS, Piracicaba, SP, Maio,
- ENERGÉTICA, Manual de Operação. Coletor Isocinético Poluentes Atmosféricos. Rio de Janeiro, 1997.
- FIGUEIRA JR, E.; Zaiden, A. R.;Oliveira, R. M.; Borges, V. L.;Carvalho, S. R. METHANE EMISSION DURING CHARCOAL PRODUCTION: PRELIMINAR ANALYSIS. Anais do 21 Brazilian Congress of Mechanical Engineering, Natal, Brasil, 2011.
- LIMA, I. B.; EMISSÃO DE METANO POR RESERVATÓRIOS HIDRELÉTRICOS AMAZÔNICOS ATRAVÉS DE LEIS DE POTÊNCIA. Tese de Doutorado . USP. São Paulo 2002.

NORMAS DA UNFCC - Disponível em <http://cdm.unfccc.int/index.html> Acesso em outubro/2009. AM0041-(2010).

Disponível em

http://cdm.unfccc.int/UserManagement/FileStorage/CDMWF_AM_6AUG884HINVSFPDZN0LQY4N581BSF

AMSIK.K-(2010) - Disponível em:

http://cdm.unfccc.int/UserManagement/FileStorage/CDMWF_AM_ZBFK5T27N1DE9P6WT0J7DUPLEQ1VLM.

PINHEIRO, P.C.C. A PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL: TEORIA E PRÁTICA. Elmo Viana, Maria Emília Antunes de Rezende, Paulo César da Costa Pinheiro, Ronaldo Santos Sampaio. 1ª. ed. Belo Horizonte: Edição do autor, 2006.

REZENDE, M.E. Tecnologias para Produção de Carvão Vegetal. Seminário Interno CAF, BIOCARBO. Itabirito, MG, 2007.