



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE QUÍMICA**

VITOR MAYLON LIMA DOS SANTOS

**FUNDAMENTOS DO CARVÃO – UMA ABORDAGEM
PARA O ENSINO MÉDIO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Brasília – DF

2.º/2015



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE QUÍMICA

**FUNDAMENTOS DO CARVÃO – UMA ABORDAGEM
PARA O ENSINO MÉDIO**

Vitor Maylon Lima dos Santos

Trabalho de Conclusão de Curso em Ensino de Química apresentado ao Instituto de Química da Universidade de Brasília, como requisito parcial para a obtenção do título de Licenciado em Química.

Orientador: Paulo Anselmo Ziani Suarez

2.º/2015

Dedicatória

É com grande carinho que dedico este trabalho primeiramente a Deus, pois esteve presente desde minha preparação para o vestibular da UnB até a conclusão deste trabalho. Ora, ao Rei dos séculos, imortal, invisível, ao único Deus sábio seja a honra e glória para todo sempre. Amém, (1º Timóteo 1:17).

Dedico a toda minha família em especial aos meus pais que sempre acreditaram nesse sonho em minha vida.

Agradecimentos

Agradeço a Deus acima de tudo por todas as bênçãos imerecidas a minha pessoa e de hoje poder concluir mais uma etapa da minha vida acadêmica.

Agradeço aos meus pais Marcelo Pereira e Maria Zilda, pelos ensinamentos e valores me dados, pelas dificuldades que passamos juntos para eu ter uma melhor educação. Foi graças a eles que aprendi a ser perseverante na luta por meus objetivos, a batalhar por um futuro melhor para mim e os que estão a minha volta e porque foram eles que, acertando ou errando me ajudaram a ser quem eu sou. Sou completamente feliz em nosso lar.

Agradeço muito a minha avó Natália Pereira, por todo carinho, preocupação, por ser um grande exemplo de mulher não só para mim, mas para todas as pessoas que te cercam. Que o Senhor Deus possa te recompensar e dar muitos anos de vida a senhora, és muito especial para mim.

Agradeço ao vô Adolfo a tia Cida, ao tio Júnior a tia Maria ao meu irmão Yhugo pela paciência aos meus avós por parte de mãe vô Guiomar e vô José e a todo o restante da minha família que sempre teve orgulho e admiração pela minha pessoa.

Agradeço em especial a minha namora Liz Soares, por dividir dois anos e meio da sua vida comigo, por ser companheira, ombro amigo, conselheira, por tudo que fez por mim além de seu carinho, por ser uma princesa que admiro por demais. Sem você não teria conseguido chegar aqui. Agradeço a seus pais que sempre nos apoiaram e acreditaram na gente.

Aos amigos da faculdade que desde o primeiro semestre esteve comigo Maria e Paula, a meu irmão de peito Diego por todas as brincadeiras, tardes de estudo e diversão que tivemos dentro e fora da UnB. Aos demais amigos da faculdade.

Aos irmãos de farda da turma de 2013 do curso de Oficiais R₂ do Exército Brasileiro no curso de Infantaria do Batalhão da Guarda Presidencial em Brasília. Passamos por muitas situações, desde a mais rudimentar que se

pode imaginar até as mais divertidas de minha vida, tive a honra de me formar junto de vocês, em especial ao raro 29 Vinicius pelos vários momentos.

Por último, mas não menos importante, aos professores do Instituto de Química, que proporcionaram, do jeito deles, uma excelente formação, em especial ao meu Orientador Paulo Anselmo por me chamar para trabalhar em seu laboratório mesmo sendo calouro e orientar os dois PIBICs e este TCC. A professora Elaine Maia por acreditar em todos nós alunos do PET-Química UnB. Por fim, a todos que acreditam na educação como forma de mudança social, Paulo Freire.

Resumo

Com a crise dos anos 70 o Brasil investiu em pesquisa sobre novas fontes de energias alternativas ao petróleo e encontrou na biomassa um alto potencial promissor. Uma das propostas foi a inserção da energia proveniente da queima do carvão vegetal, uma vez que, o país é pobre das jazidas de carvão mineral. Para fornecimento da madeira como matéria prima para produção do carvão vegetal o país investiu em programas de fomento à agricultura para o plantio das grandes florestas de eucalipto e pinho. A consequência dessa escolha possibilitou a grande industrialização que se teve no país com a era Vargas, gerando desenvolvimento econômico, industrial e social no sudeste brasileiro. Atualmente o carvão vegetal vem ganhando espaço no plano energético nacional, assumindo próximo de 9% de toda energia usada no Brasil. Esse trabalho discute a química do carvão vegetal, bem como sua produção a partir da combustão incompleta da madeira, as transformações associadas ao processo de produção, além de aspectos históricos, sociais e econômicos envolvidos, com enfoque na educação CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente). Para acompanhar o processo de transformação foi desenvolvido um sistema de combustão incompleta projetado com uma lata de alumínio com pequenos orifícios uma tampa metálica e uma fonte de calor. Com o mesmo sistema foi proposto uma oficina de pintura e desenho a partir de uma aula interdisciplinar com a Química, a História e a Artes. Por fim o presente trabalho produziu um texto científico de embasamento teórico ao professor.

Palavras-chave: Ensino de Química; Carvão vegetal; Interdisciplinaridade.

Sumário

1.0 Teorias da educação aplicada ao ensino de química.....	06
1.1 Transposição Didática.....	06
1.3 Enfoque CTS.....	08
2.0 Referência teórica para elaboração do material didático	13
2.1 História do carvão vegetal	13
2.2 Contexto histórico para a inserção do carvão vegetal no Brasil	14
2.3 O que é carvão?	15
2.4 Tecnologias na produção de carvão vegetal no Brasil	16
3.0 O contexto Histórico do carvão no Período da Arte Rupestre	19
4.0 Metodologia.....	22
Considerações Finais	23
Referências Bibliográficas	24
Apêndice 1	27

CAPÍTULO 1

TEORIAS DA EDUCAÇÃO APLICADAS AO ENSINO DE QUÍMICA

Atualmente o ensino de ciências enfrenta grandes dificuldades na etapa final da Educação Básica, no ensino médio. Tais dificuldades são em parte devido ao desinteresse dos alunos, em especial nas matérias de Química e Física. Os alunos alegam não enxergar essas matérias em seu dia a dia e os professores ouvem a mesma frase em todas as turmas: para que eu vou estudar isso?

Esse desinteresse dos alunos em parte pode ser devido à abordagem do professor para determinados conteúdos. Destacamos principalmente duas concepções pedagógicas, a tradicional que privilegia a reprodução do conhecimento e a inovadora que privilegia a construção do conhecimento. Na concepção tradicional o professor adquire o papel de transmissor do conhecimento, o foco do ensino é o conteúdo, o aluno é um mero receptor. Possivelmente a educação desses contribua para o ensino de ciências tão distante do cotidiano do aluno, criando uma barreira entre o conhecimento e o aluno.

Na concepção inovadora o professor adquire o papel de mediador, atua junto do aluno, instigando, promovendo a construção do conhecimento, proporcionando uma discussão em sala, com o objetivo principal de formar um cidadão crítico, pensante, para atuar de forma plena na sociedade brasileira.

Essa função está descrita na Lei de Diretrizes e Bases e nos Parâmetros curriculares Nacionais. Nesse contexto pesquisadores no ensino de ciências propuseram teorias muito válidas para auxiliar o profissional da educação inovador.

1.1. Transposição Didática, uma forma de transformar o conhecimento científico em conhecimento escolar

Em 1975 o sociólogo Michel Verret elaborou uma nova metodologia referente ao ensino-aprendizagem, que ficou conhecido como transposição didática, porém só no início da década de 1980 essa nova metodologia começou a ser explorada, com o matemático Yves Chevallard.

Chevallard definiu que a transposição didática era um meio de analisar as modificações que ocorrem no saber construído pelo cientista, mais conhecido como conhecimento científico, transformado no saber a ensinar, como nos livros didáticos, e por fim o modo que este saber em ensinar é vivenciado em sala de aula, chamado por ele de saber ensinado, (BROCKINGTON, PIETROCOLA, 2006).

Segundo Brockington, essa teoria desenvolvida por Chevallard, ao se transpor um conceito de um contexto para o outro ocorrem muitas modificações. No entanto, todo conceito deve manter semelhanças com as ideias existentes originalmente em um conceito científico específico. Porém cada ambiente escolar é individual e pede uma agregação de significado único. Esse processo transforma o saber, conferindo-lhe um novo status epistemológico.

Brockington ainda afirma que o objetivo de Chevallard não era apenas simplificar uma série de conhecimentos do mundo científico e em seguida lecioná-lo ao ambiente escolar com o intuito de facilitar a compreensão ilusória e superficial do fenômeno aos alunos. Na realidade, trata-se de desenvolver conhecimentos que possam responder satisfatoriamente dois ambientes totalmente diferentes, a ciência e a sala de aula. Assim, é muito importante que o conhecimento escolar esteja fundamentado não somente no senso comum e no conhecimento cotidiano, mas no conhecimento produzido e aceito de forma consensual pela comunidade científica (conhecimento científico).

O conhecimento de senso comum é definido como forma de expressão do saber popular, possuindo um caráter transclassista, tendo assim, um grande grau de universalidades. Suas concepções permeiam diferentes classes sociais, podendo em diferentes locais existirem mais de um senso comum. Sua característica principal é de não depender de uma investigação detalhada para alcançar o conceito de verdade.

Já o conhecimento cotidiano faz parte da cultura e é constituído pelas pessoas da geração adulta, que transmitem as gerações sucessivas. Ou pelas próprias experiências do indivíduo em seu dia-a-dia, seja em relação a um problema, ou a uma situação.

Por fim, o conhecimento científico é crítico e procura bases sólidas e justificativas exatas de como ocorrem os fenômenos. Assim, o conhecimento científico passa por uma série de testes e análises que garantem, pelo menos, uma alta chance de obter as informações que estão de acordo com o desenvolvimento tecnológico e sócio-cultural da época, uma vez que, não existe uma verdade absoluta. Para isso o cientista constrói um sistema de conhecimento num conjunto em que os elementos estejam relacionados de maneira ordenada.

Esta linha de pensamento crítico é fruto de um fenômeno observado que o homem tenta explicar, propondo suas hipóteses, se essas hipóteses forem testadas experimentalmente e sua essência se repetir, formula-se então a

teoria. Mas além desses passos, a teoria tem que ser referendada pela comunidade científica, admitindo-a ou não como aceita.

É importante salientar que a ciência nunca propõe a verdade absoluta, mas, como já mencionado, aquela que melhor explica as observações feitas pelos cientistas em um determinado estado de desenvolvimento tecnológico, cultural e social. Para exemplificar, pode-se analisar a evolução do conceito atômico ao longo dos últimos 3 mil anos. Os primeiros filósofos a pensar sobre a constituição da matéria foram os gregos Leucipo e Demócrito, no Século V a.c. Nesse período, eles propuseram o primeiro conceito para a menor partícula existente e a chamaram de átomo; do grego “a= não, tomo= divisível”. Logo, para eles e até o início dos anos de 1890 a menor partícula que representa um determinado elemento químico era tida como maciça e indivisível. Por volta dessa data a ideia do átomo indivisível começou a ser modificada, uma vez que Thomson, a partir de observações feitas por outros cientistas utilizando os tubos de Crooks, propôs que o átomo podia ser dividido em uma partícula com carga positiva, com praticamente toda a sua massa, e em partículas diminutas com carga negativa e de pequena massa, que chamou de elétrons. Logo a seguir, em 1911, Rutherford com um experimento onde bombardeou uma lamina de ouro com um feixe de partículas alfa descreve o átomo como um grande espaço vazio, com um diminuto núcleo positivo, onde está a grande parte da massa, e os elétrons orbitando ao seu redor, semelhante ao sistema planetário. Finalmente, com o desenvolvimento da química quântica a partir do modelo proposto Bohr em 1913, os elétrons passam a ser vistos como uma onda estacionária tridimensional que permanece vibrando no espaço em redor ao núcleo. Isso não indica que o conceito primitivo não é importante, muito pelo contrário, ele deu base para que outras teorias fossem desenvolvidas.

Segundo Lopes (1999), a constituição do conhecimento escolar acontece justamente no confronto com os demais saberes sociais. Os conhecimentos científico e cotidiano se inter-relacionam com o conhecimento escolar nas ciências. Isso porque o conhecimento escolar é um meio de construir e transmitir aos alunos o conhecimento científico. E a partir dessas três fontes de conhecimento, discutidas anteriormente, é possível transformar o conhecimento escolar em uma ponte capaz de unir os diferentes saberes.

Então, conclui-se que a função da escola é sistematizar o compartilhamento do conhecimento científico com o objetivo de aos poucos substituir o conhecimento comum. Para traspor o conhecimento ao aluno, o docente, deve buscar relacionar a teoria e suas consequências na sociedade, pois a ciência não é isolada, nesse cenário é importante aplicar o ensino Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS).

1.2 Enfoque CTS

A Educação em Química vai além de ministrar conteúdos curriculares, pois segundo a lei de diretrizes e bases (LDB, 1996) o ensino tem que fornecer base para o desenvolvimento da cidadania. Assim, no ensino de ciências é necessário articular questões relativas à ciência e à tecnologia com aspectos políticos e sociais. Assim, o ensino fornece meios para o aluno atuar de forma mais participativa no mundo em que está inserido.

Com o desenvolvimento do enfoque Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) no currículo escolar é possível o aprimoramento da formação de um cidadão crítico, e é deste aluno que nosso país necessita.

Para entender a força desse movimento na atualidade é necessário conhecer o meio em que este estudo foi inserido, tal como o contexto do país e do mundo, retomando assim, a história.

Segundo Auler (2002), após a segunda guerra mundial ocorreu uma explosão do conhecimento científico. Assim, a população mundial passou a viver mais, devido a melhorias como o aumento da produtividade agrícola, com o controle de pragas e doenças, o desenvolvimento de remédios eficazes e produzidos em larga escala, e o início do gerenciamento tecnológico.

O período que sucedeu a segunda guerra mundial foi marcado pela disputa econômica, política, militar e tecnológica no mundo. Os Estados Unidos da América (EUA) e a antiga União das Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS) difundiam suas ideologias ao mundo. Este período ficou conhecido como guerra fria.

A disputa entre essas ideologias para hegemonia mundial não estava somente na política e no militarismo, mas existia uma grande rivalidade em relação aos meios tecnológicos das duas nações. Logo, o objetivo era mostrar para o mundo qual o sistema mais avançado.

No ano de 1957 a URSS lançou o foguete Sputnik com o primeiro ser vivo tripulado. Esse avanço espacial foi o ápice para mostrar ao mundo o poder socialista, mostrando também que o capitalismo estava atrasado. Assim, a saída dos EUA foi a inserção da ciência no currículo dos alunos. Com o objetivo de superar a URSS, os EUA incentivaram o ensino de ciências às crianças e propuseram uma nova metodologia de ensino que despertasse um maior desejo por pesquisa científica com o intuito de formar futuros cientistas.

Esse desenvolvimento da ciência e tecnologia exacerbado teve suas vantagens, doze anos após o Sputnik a NASA enviou o primeiro homem à lua. Porém o meio ambiente começou a demonstrar os impactos causados por tais avanços.

Em 1962 Rachel Carson publicou o livro *Silent Spring* denunciando os riscos relacionados com o inseticida DDT. Outras pesquisas revelaram que o CFCs estaria relacionado com a destruição da camada de ozônio. Assim, os movimentos sociais ligados aos ambientalistas geraram uma nova concepção sobre a Ciência e Tecnologia e Sociedade.

Segundo Santos e Maldaner (2010) o ensino CTS se propaga em três grandes vertentes: o primeiro relaciona-se com a investigação que se opõe a reflexão tradicional sobre a ciência e tecnologia; o segundo defende a regulamentação social da ciência e tecnologia a partir das políticas públicas; e o terceiro ao campo da educação, com a introdução de programas e materiais em CTS no ensino.

Desse modo, Cerezo (1998), defende um enfoque crítico e interdisciplinar, sendo uma forma contrária a uma metodologia clássica e tradicional. Álvares (2001) discute que tem que existir um debate crítico com o objetivo de adaptar ao contexto histórico-cultural regional. Logo o ensino CTS tem que se preocupar sobre qual é o contexto social, político, econômico e cultural do determinado espaço a se trabalhar.

A partir destes princípios, por volta de 1970, buscou-se uma melhoria curricular com acréscimos de conteúdo CTS. Assim, diversos materiais didáticos para o ensino de ciências foram produzidos em todos os níveis educacionais, desde o Ensino Fundamental à Graduação em diversos países, tendo como precursores os EUA, Canadá e Europa. Apesar desse movimento mundial, pesquisas e desenvolvimento sistemático dos materiais didáticos com a denominação CTS começaram a surgir somente no final dos anos 90.

Simultaneamente ao processo de educação CTS existia um movimento de educação ambiental (EA). Segundo McCormick (1992), os debates de proteção ambiental tomaram destaque na Inglaterra, onde surgiram os primeiros grupos protecionistas na metade do Século 19. Esses amantes da natureza denunciavam a destruição de áreas naturais e reivindicavam a criação de reservas de vida selvagem, surgindo, assim, os grupos ambientalistas em diversas partes do mundo. Este movimento contra as atividades humanas predatórias contra o ambiente aos poucos foram ampliando as dimensões em seus discursos e práticas da EA.

Segundo carvalho (2004), nesse contexto a palavra ecologia ganhou novos significados, agregando em seu conceito projetos políticos e valores sociais. Assim, esse novo ambientalismo abrangia tudo, desde a superpopulação e a poluição relacionada aos custos da tecnologia e do crescimento econômico, considerando a natureza e humanidade como questões indissociáveis.

Por consequência, temas ambientais foram inseridos na Ciência, buscando-se também a integração com a Educação Artística e a Geografia. Logo, é importante que os educadores mostrem aos alunos as questões

socioambientais cotidianas, no sentido de encaminhamento de abordagens problematizadoras, tais como necessidade e desejos na nossa sociedade de consumo.

Tomar a prática de abertura ao outro como objeto de reflexão crítica deveria fazer parte da aventura docente. Assim, segundo Freire (1996) ensinar exige uma disponibilidade para o diálogo.

Então, a Educação Ambiental entra em cena nas práticas interdisciplinares, que primeiro ocorre com um grupo de professores compartilhando saberes sobre um interesse comum. Estes profissionais devem aprender a trabalhar juntos para poder levar um conhecimento aprofundado nas diferentes áreas ao aluno.

Ao contrário do que muitos acreditam sobre a interdisciplinaridade, ela pode sim desenvolver áreas importantes para a formação do cidadão crítico, tais como: o desenvolvimento da leitura, da escrita, da organização das ideias ao dialogar, da argumentação, da oralidade, da autonomia, da escuta e respeito com o que os outros dizem e esses aspectos desenvolvidos contribuem para a ambientalização do professor.

A partir dessa nova visão, o professor é o indivíduo que vai apresentar a problemática a ser resolvida ou debatida. Porém, em nosso país existe um problema relacionado aos docentes, uma vez que muitos docentes, inclusive de Química, ministram aula de disciplinas para as quais não foram formados em academias. Infelizmente, esta realidade é uma situação que perdura até os dias atuais. Logo, é necessária uma capacitação dos docentes e com esse objetivo foram implantadas Unidades de Aprendizagem (UA), onde o profissional se aperfeiçoa em conhecimentos que antigamente não abordava em sua aula, assim como aprimora sua proposta pedagógica para construir uma sala de aula atual, a sala ambientalizada.

Uma vez que o professor está pronto para atuar, é necessário desenvolver métodos para buscar a atenção do aluno e instigar nele o desejo de aprender ciência. Segundo SANTOS e MORTIMER (2002), o ensino CTS pode ser caracterizado como ensino do conteúdo de ciências no contexto autêntico do seu meio tecnológico e social, no qual os estudantes integram o conhecimento científico com a tecnologia e o mundo social de suas experiências no seu dia-a-dia.

A contextualização e a interdisciplinaridade andam juntas e cabe ao docente lançar o desafio aos alunos, promovendo assim, uma postura para atrair os alunos ao ensino de ciências.

O ato de contextualizar é realizar ações buscando estabelecer a analogia entre o conteúdo da educação formal ministrado em sala e o cotidiano do aluno ou de sua carreira, de maneira a facilitar o processo de ensino-aprendizagem pelo contato com o tema e o despertar do interesse

pelo conhecimento com aproximações entre conceitos químicos e a vida do indivíduo, (SCARFI 2010).

Tantos fenômenos que acontecem ao nosso redor podem ser relacionados e explicados com conhecimento químico, ou alguns temas ambientais e sociais que ocorrem todo dia e muitas vezes se passam despercebidos, como lixões a céu aberto, exploração de certos recursos para nosso próprio comodismo, trabalhos que utilizam a mão de obra infantil ou até mesmo um regime semiescravo. Todas essas questões estão diretamente relacionadas ao ensino de ciências, mas não cabe somente utilizar como recurso a interdisciplinaridade e o ato de contextualizar. É necessário que o ensino de química possibilite gerar no aluno uma reflexão do problema a ser discutido com o objetivo de haver mudança na postura da sociedade a longo prazo sobre questões extremamente importantes que vão além de um critério curricular, tendo assim, a essência da proposta CTS.

Partindo desses princípios discutidos anteriormente, o presente trabalho tem por finalidade oferecer ao professor um material didático acerca da importância do carvão vegetal para a economia brasileira, tais como seus métodos de produção, conceitos químicos relacionados na transformação da madeira em carvão vegetal, do trabalho infantil nas carvoarias, a falta da regulamentação das jornadas de trabalho e péssimas infraestruturas nas carvoarias.

Esse assunto de cunho social é polêmico, muito bom para ser contextualizado e debatido em sala de aula, pois o sistema educacional acredita que somente com a conscientização dos problemas nas carvoarias podem-se haver mudanças. Em relação à interdisciplinaridade, foi proposto um experimento que relaciona a arte com o carvão vegetal, realizando oficinas de desenho e pintura.

CAPÍTULO 2

REFERÊNCIA TEÓRICA PARA ELABORAÇÃO DO MATERIAL DIDÁTICO

2.1 História do carvão vegetal

O carvão foi uma das primeiras fontes de energia usadas pela sociedade em larga escala. Antes disso, o homem atendia suas necessidades energéticas a partir de outras fontes como, por exemplo, o uso do fogo (lenha) e dos ventos.

O carvão, como combustível fóssil, passou a ser utilizado de fato como fonte energética, a partir do século XVIII. O carvão surgiu como resultado da substituição gradativa do uso da lenha e sua utilização iniciou-se durante a Primeira Revolução Industrial, na Inglaterra. A intensificação do seu uso proporcionou subsídios para o desenvolvimento industrial e sua aplicação na geração de vapor para movimentar as máquinas foi um dos pilares da revolução.

As máquinas a vapor faziam uso do vapor para transformar a energia calorífica liberada pela queima do combustível em trabalho. Na estrutura das máquinas, havia um compartimento chamado de fornalha, onde se queimava o combustível (carvão) para produzir a energia necessária.

O desenvolvimento das máquinas a vapor contribuiu para a expansão industrial. Até a sua criação, os trabalhos realizados eram executados e dependiam unicamente da força braçal dos trabalhadores. Com uma única máquina a vapor, era possível realizar o trabalho de centenas de empregados e fornecer a energia necessária para acionar todas as máquinas de uma fábrica. A Figura 1.1 ilustra a estrutura de uma das máquinas a vapor da época.

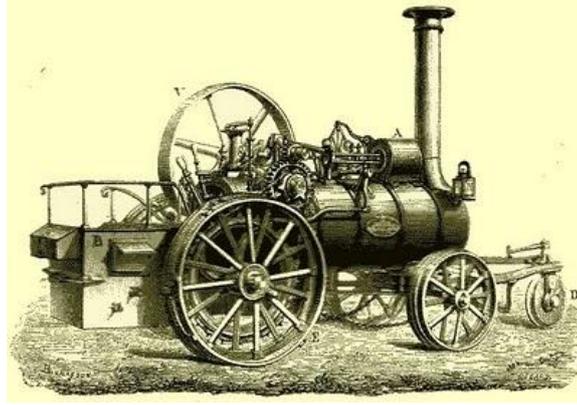


Figura 1.1. Máquina a vapor (Fonte: Blog The Day, The Story), disponível em <http://odia-a-historia.blogspot.com.br/2015/03/maquina-vapor-invencoes.html>, acessado em 04/12/2015.

Além de sua importância no desenvolvimento industrial, o carvão desempenhou um papel relevante na sociedade da época. O calor e vapor gerados na produção de carvão eram utilizados para movimentar locomotivas e navios, o que contribuiu para o aprimoramento dos transportes.

2.2 Contexto histórico para a inserção do carvão vegetal no Brasil.

Frente a crise do petróleo na segunda metade do século XX, surgiram várias preocupações sobre novas tecnologias relacionadas ao consumo energético no mundo. Nesse contexto “descobriu-se” na biomassa um grande potencial energético, o que resultou no lançamento de vários programas, sendo o Proálcool o exemplo maior. Atualmente o uso do álcool e do bagaço no processo de produção, representam mais de 15% do consumo nacional de energia.

Com o despertar do interesse sobre o uso de biomassa para fins energéticos, surgiram também, várias propostas referentes ao emprego da biomassa florestal. Assim, reacendeu a ideia sobre o uso da madeira como fonte de energia em nosso país. Até 1972 a madeira representava a primeira fonte de energia do país, somente em 1973 esse apogeu teve fim com o uso de energia derivadas do petróleo. Na repartição da oferta interna de energia no Brasil de 2012 aponta a lenha e o carvão vegetal ocupando o terceiro lugar entre as fontes de energia renováveis.

No Brasil, o carvão vegetal foi o grande responsável pelo surgimento da indústria siderúrgica. A falta de reservas de carvão mineral, disponibilidade de florestas e vegetação nativa propiciaram as condições para utilização do carvão vegetal como termo redutor na produção siderúrgica (BRITO 1990; MOYEN 2007).

O carvão surgiu, em escala comercial, no estado de Minas Gerais, por ser o grande produto de ferro-gusa do país e na década de 1970 tornou-se o maior

produtor siderúrgico a carvão vegetal do mundo. (REZENDE e SANTOS, 2010).

A produção de carvão vegetal é destinada a diversos setores, dentre eles nos segmentos da indústria (siderurgia, metalurgia e cimento), bem como para utilização urbana e rural. Na siderurgia, cerca de $\frac{1}{4}$ de toda a produção nacional, é usada para a produção de ferro liga. As grandes empresas privadas gerenciam desde a produção florestal, a produção de carvão vegetal e de produção siderúrgicas, até o final do século XX o setor gerou 250 mil novos empregos e cerca de 3,4 bilhões de dólares no mercado interno e quase 1,0 bilhões de dólares com exportações.

Apesar do grande crescimento do uso de carvão vegetal como fonte energética, a matéria prima utilizada ainda é a madeira de vegetação nativa, principalmente do cerrado, devido ao avanço da fronteira agrícola, tendo assim, o precursor de desmatamentos e, conseqüentemente, perturbação do meio ambiente. Portanto notou-se a necessidade de substituir esse consumo desordenado para um consumo consciente de florestas plantadas.

O grande impulso para o aumento na área reflorestada existente no país foi a vigência do Fiset nas décadas de 70 e 80. Esse instrumento contribuiu para a execução de plantios florestais a longa escala por meio do incentivo financeiro, pois foi possível abater o Imposto de Renda se comprovada a aplicação em reflorestamento, limite de 50% de imposto, e alcançar investimentos tecnológicos no setor florestal, (JUVENAL e MATTOS, 2002).

O Eucalipto é a principal espécie utilizada em plantios florestais para fins industriais no Brasil. Dentre vários fatores preponderantes estão: crescente demanda de madeira, o rápido crescimento em ciclo de curta rotação, a alta produtividade florestal e investimentos em tecnologia que visam aprimorar as propriedades da madeira para atender diferentes tipos de mercado.

Com o aumento das plantações de Eucalipto, ocorreu uma expansão de carvoarias legalizadas, suprimindo a necessidade do comércio e ampliando seus horizontes.

2.3 O que é carvão?

O carvão, em sua constituição química, é composto de átomos de carbono, oxigênio, nitrogênio e enxofre, além de outros componentes rochosos (como arenito, silito, folhetos e diamictitos) e minerais, como a pirita.

O carvão é uma complexa e variada mistura de componentes orgânicos sólidos, fossilizados ao longo de milhares de anos, como ocorre com os combustíveis fósseis. Existem dois tipos básicos de carvão encontrados na natureza: vegetal e mineral. O vegetal é obtido por meio da carbonização da lenha e o mineral é formado pela decomposição da matéria orgânica, sob determinadas condições de temperatura e pressão (ANEEL, 2002).

Com relação ao carvão vegetal, a sua produção envolve o processo de carbonização a partir da madeira, onde a matéria prima é submetida a tratamento térmico, sob temperaturas elevadas, em uma atmosfera redutora (ALMEIDA & REZENDE, 1982). A carbonização, assim como a a madeira da qual foi realizado o processo, define, basicamente, as propriedades do carvão vegetal. As variações possíveis provocam alterações físico-químicas no carvão, que podem ser detectadas por métodos analíticos.

Em contrapartida, o carvão mineral é considerado um minério não-metálico, que possui cor preta ou marrom e possui grande potencial para combustível. Sua qualidade é determinada pelo conteúdo de carbono e varia de acordo com o tipo e o estágio dos componentes químicos. A capacidade de produção de calor, ou poder calorífico, é favorecida pela incidência de carbono e prejudicada pela presença de impurezas como elementos rochosos e minerais.

2.4 Tecnologias na produção de carvão vegetal no Brasil.

A produção de carvão vegetal no Brasil, até o início da década passada, era realizada predominantemente em fornos circulares de alvenaria de pequeno porte denominados fornos de superfície. Suas capacidades de processamento de madeira variam de 7 m³ (fornos tipo “rabo quente”) a 70 m³ (fornos circulares de 7 metros de diâmetro) de volume sólido, ou de 4 a 40 toneladas de madeira. A Figura 2.1 ilustra um forno de alvenaria do tipo “rabo quente” utilizado para produção do carvão vegetal.



Figura 2.1. Forno “rabo quente” utilizado para produção de carvão vegetal. Disponível em http://www.scielo.br/pdf/prod/v22n2/aop_200803023.pdf, acessado em 04/12/2015.

Os fornos do tipo “rabo quente” são responsáveis por cerca de 70% do carvão produzido no Brasil (Pinheiro, 2006). Esses fornos realizam um ciclo a cada seis ou sete dias, podendo chegar a dez dias se a umidade da lenha for elevada. Esse período é dividido em duas etapas: inicialmente, realiza-se o acendimento do forno e o controle da entrada de ar, ocorrendo efetivamente a carbonização. Em seguida, terminada a carbonização, que dura em média três dias, o forno é completamente vedado com argila e deixado em resfriamento até atingir temperaturas internas de 40 a 50°C. Ao atingir essa temperatura, é

possível então descarregar do forno o carvão vegetal produzido sem risco de ignição, em função do contato com o ar.

Em função do custo de produção e da facilidade de operação, é comum encontrar carvoarias com até 120 fornos construídos junto às florestas nativas e/ou cultivadas. No entanto, o grande problema desses fornos é a alta dependência de mão de obra para operações manuais de carga de madeira e descarga do carvão.

Com o objetivo de aperfeiçoar o procedimento de produção de carvão vegetal, a partir de 1980, grandes empresas iniciaram um processo de construção de grandes fornos retangulares de alvenaria com a finalidade de mecanizar ao máximo suas operações florestais, desde a colheita da madeira, o enchimento dos fornos até a descarga do carvão.

Os grandes fornos retangulares apresentam capacidades de processamento de madeira que variam de 150 m³ a 450 m³ de volume sólido, ou de 80 a 250 toneladas de madeira. Os fornos retangulares apresentam ciclo de produção variando entre 13 e 18 dias, são equipados com sistema de instrumentação, controle de temperatura e programas de gerenciamento do processo de carbonização. A Figura 2.2 ilustra um forno retangular para produção de carvão vegetal.



Figura 2.2. Forno de alvenaria de grande porte para produção de carvão vegetal (Fonte: www.inee.org.br).

Uma outra tecnologia para produção de carvão vegetal atualmente diz respeito ao processo de carbonização contínua da madeira em cilindros metálicos verticais (parte de aço inoxidável e parte de aço carbono). Esse processo faz parte do procedimento industrial de produção de carvão vegetal, em função das características de volume, nível de investimento e possibilidade de organização do trabalho.

O processo de produção do carvão vegetal com essa tecnologia consiste basicamente em carregar o cilindro metálico com lenha previamente cortada em tamanho uniforme e com o teor de umidade reduzido. O cilindro metálico carregado é fechado na extremidade inferior com uma grelha que permite a circulação do ar e dos fumos decorrentes da carbonização da lenha. Em seguida, inicia-se a carbonização da lenha e a fumaça produzida é canalizada para o queimador. Parte desse ar quente é utilizado para auxiliar na secagem da lenha, facilitando a evaporação da água presente. A cada ciclo de

carbonização, o cilindro é colocado em resfriamento e então—por fim, descarregado. A Figura 2.3 ilustra um desenho esquemático dessa da produção em cilindros metálicos verticais.



Figura 2.3. Produção de carvão em cilindros metálicos. Disponível em http://www.scielo.br/pdf/prod/v22n2/aop_200803023.pdf, acessado em 04/12/2015.

O processo de carbonização em cilindros metálicos verticais é de concepção simples e constitui um processo semicontínuo para produção de carvão vegetal. Esse processo de produção de carvão vegetal é um sistema de carbonização de madeira eficiente em operação no mundo e possui rendimentos consideráveis.

CAPÍTULO 3

O CONTEXTO HISTÓRICO DO CARVÃO NO PERÍODO DA ARTE RUPESTRE ATÉ OS DIAS ATUAIS

A partir do domínio sobre o fogo o homem paleolítico utilizava os gravetos queimados para utilizar nas paredes das rochas, surgindo os primeiros desenhos.

A caverna de “Chauvet” no sul da França é um dos maiores sítios confiáveis de arte rupestre no mundo, (GATTI, CASTRO e OLIVEIRA, 2007), como mostra a figura 3.1.

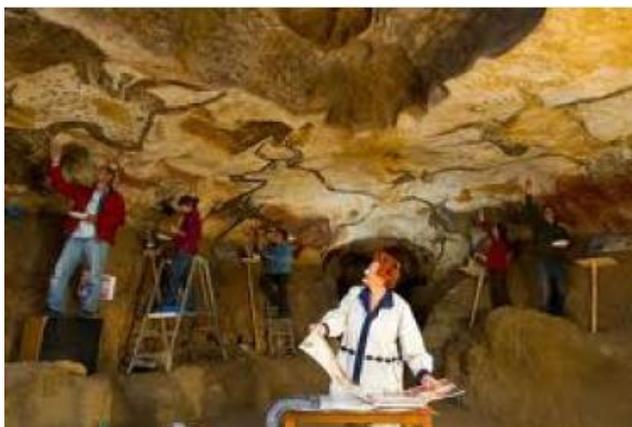


Figura 3.1-: Pigmentos pré-históricos revelam que o vermelho é constituído de óxidos de ferro, o preto de óxido de manganês ou carvão vegetal (GATTI, CASTRO e OLIVEIRA, 2007).

A arte rupestre foi um elemento fundamental na história do homem paleolítico, pois retratava a realidade em que o homem das cavernas estava inserido. Em seus desenhos representavam a formosura dos animais, as danças, rituais, a caça e alguns guerreiros.

No Brasil, foram encontrados desenhos rupestres na Bahia, Piauí e Santa Catarina feitas com o uso do carvão vegetal e sangue. Em alguns desenhos é perceptível a expressividade dos homens daquele período por meio de representações que geralmente manifesta seus anseios, e a satisfação de realizar atividades do dia-a-dia. As pinturas no Piauí datam cerca de 12000 anos e apresentam imagens de plantas, objetos, pessoas e principalmente cerimônias de cultos.

Com o surgimento das civilizações os egípcios e os chineses desenvolveram várias técnicas referente à pintura, dentre elas a aquarela, a tempera e o nanquim. Mais uma vez, a utilização do carvão vegetal ou mineral era de extrema importância, para a produção da tinta nanquim, pois era utilizado suas partículas dispersas em água e adicionado goma arábica para estabilizar a suspensão formada.

Com o desenvolver das técnicas de pintura a óleo, no período renascentista, a sociedade artística diminuiu o uso do carvão na pintura e utilizava somente em preparativos nos desenhos. Somente com os artistas Giovanni Francesco Barbieri Bologna (1591-1666) e Giacomo Cavedoni (1577-1660) em Veneza, na França, no final do século XV, foi inovado a mistura da tinta a óleo com carvão vegetal, obtendo uma nova textura nos desenhos, perdurando seu uso até os dias atuais.

Um dos motivos de sua grande importância na arte, é que o uso do carvão vegetal não precisa de instrumentos sofisticados, e esta matéria prima permite um manuseio na textura que varia do traço mais fino a mancha mais uniforme. Gil Vicente usava o carvão vegetal em suas obras e citou um trecho importante, a imagem 3.2 referência isso.

O carvão é a que eu mais gosto, é seco e sem gordura, e permite operações de adição e subtração de material, podendo-se apagar quase tudo que foi feito e recomeçar. Isso deixa o artista tranquilo para ir e vir, para corrigir e modificar o desenho. (OLIVEIRA, 2012).



Figura 3.2: Gil Vicente-Serie Emoções Pesadas. Mestre do carvão e do nanquim, 1997.

Uma artista contemporânea que utiliza a técnica com carvão em suas obras seria Cláudia Bapstistella, mostrando trabalhos com esboço, jogo de luz e sombra, permitindo traços precisos e uniformes, como mostra a figura 3.3.



Figura 3.3: Árvore secas em carvão, (CLAUDIA BAPSTISTELLA, 2010).

A partir do trabalho apresentado, o carvão vegetal apresenta uma grande importância para nossa economia, cultura e história da arte, logo, pode-se realizar uma oficina interdisciplinar unindo a Química da produção do carvão vegetal, a história e arte.

Ao elaborar esta aula temática interdisciplinar é proposto aos professores as seguintes tarefas: a primeira delas será a produção artesanal de carvão vegetal utilizando um sistema adaptado para realizar a carbonização incompleta da madeira, o sistema proposto está situado no apêndice 1 página 37. Em seguida, o professor pode utilizar materiais como galhos de árvores para usar como matéria prima no processo de produção do carvão com o objetivo de mostrar ao aluno que a matéria prima se encontra em seu dia-a-dia. Por fim, o professor pode usar fontes alternativas de calor como uma fogueira ou até mesmo o fogão.

Com o produto final, carvão, pode-se fazer duas oficinas, uma de pintura e outra de desenho. Para de pintura é preciso desenvolver com os alunos a tinta nanquim, então, é necessário macerar o carvão até ficar em pó. Essas partículas são colocadas em um recipiente fundo, podendo ser um béquer ou até mesmo meia garrafa pet, e a seguir adicione um pouco de água. Misture bem até ficar homogêneo e está pronto. Para a oficina de desenho, o material já está pronto, basta pegar os bastões de carvão e usar sua criatividade.

Com o intuito de não ficar somente em uma atividade lúdica, os professores entram em cena, antes de começar as oficinas, e constroem os conceitos envolvidos no processo combustão completa e incompleta, poluição ambiental, a interface histórica da revolução industrial, crise energética de 1970, combustíveis alternativos ao petróleo e os movimentos artísticos da época em que ocorria este tipo de pintura/desenho até os nossos dias com as pinturas de Gil Vicente e Cláudia Bapstistella.

CAPÍTULO 4

METODOLOGIA

Neste trabalho de conclusão de curso nos propomos a escrever um artigo científico sobre os fundamentos do carvão e suas aplicações para professores da educação básica.

Primeiramente foi realizado uma revisão bibliográfica sobre a importância do carvão vegetal no Brasil como matriz energética de energia renovável, tais como seus aspectos históricos e transformações químicas. Para entender melhor sobre as etapas de transformações que ocorrem devido ao processo de combustão incompleta foi realizado experimentos no Laboratório de Materiais e Combustíveis do Instituto de Química, UnB.

Com o intuito de fornecer uma aula temática para o ensino médio, foi desenvolvido um texto científico sobre o carvão vegetal ao profissional de educação (anexo 1) com objetivo de transformar a linguagem científica a um saber a ensinar, o professor irá realizar a transposição didática ao aluno, uma vez que as teorias educacionais que tanto aprendemos retoma a isso.

O material didático proposto visa colocar em prática o que aprendemos nas disciplinas oferecidas no Instituto de Química da UnB. Portanto, o presente trabalho utiliza de ferramentas sociocientíficas como: a contextualização, a interdisciplinaridade e o ensino CTS.

Por fim, para encerrar o presente trabalho foi proposto uma interdisciplinaridade entre professores de Química, História e Artes através de oficinas de desenho e pintura, tendo como matéria prima o carvão vegetal.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho se insere no contexto escolar atual, enfrentando os grandes desafios que ensino de ciências tem passado devido, em sua maior parte, o desinteresse dos alunos com os diversos conteúdos proposto pelo PCN. Esse desinteresse ocorre, principalmente, devido à falta de conexões das matérias com o cotidiano, e se visa muito mais decorar o conceito ou a forma do exercício do que a aplicação que está visível ao nosso redor.

Com o objetivo de romper esta metodologia ultrapassada de ensino, buscou-se através de um material didático científico fornecer ao professor uma ferramenta de apoio, fortemente embasada na economia, na história do Brasil e em uma aula temática sobre o tema carvão e seus fundamentos. Aplicando as teorias do ensino de química foi proposto mais que um experimento, uma aula totalmente interdisciplinar com a Química, História e a Artes, mostrando ao aluno que os conteúdos estudados estão sempre se relacionando, seja de forma direta ou indireta, seja em um fenômeno da natureza ou uma invenção humana. Deve-se passar a ideia que nós separamos a ciência em várias matérias, mas que ela está presente em nosso meio como uma só.

Esse trabalho apresentou, principalmente ao professor, uma forma de lecionar um conteúdo tão abrangente em nossa sociedade que é muito pouco tratado, o profissional de ensino tem a total liberdade de criar sua aula a partir da revisão bibliográfica apresentada anteriormente, contextualizar, promover uma relação interdisciplinar com outras matérias e usar de toda sua criatividade para trazer o conhecimento teórico à sua prática diária com o objetivo de tornar o aluno uma pessoa capaz de entender os fenômenos que o cerca, de dar base para a formação de um cidadão crítico, pensante e não apenas reprodutor de conhecimento.

Referência Bibliográfica

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica.

AULER, D. Alfabetização Científico-Tecnológica: Um novo paradigma? Pesquisa em Educação em Ciências, Ensaio 2002.

BRITO, José Otávio. Carvão vegetal no Brasil: gestões econômicas e ambientais. *Estud. av.* [online]. 1990, vol.4, n.9 [cited 2015-06-12], pp. 221-227 . Available from: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40141990000200011&lng=en&nrm=iso>. ISSN 1806-9592.

BROCKINGTON, G.; PIETROCOLA, M. Serão as regras da transposição didática aplicáveis aos conceitos de física moderna? Investigação no Ensino de Ciências- v 10(3), p. 387-404, 2005.

CARVALHO, A. M. P. Critérios estruturantes para o ensino das ciências. In: Ensino de Ciências: unindo a pesquisa e a prática. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004. 154p.

CEREZO, J.A.L. Ciencia, Tecnologia y Sociedad: el estado de la cuestión em Europa e Estados Unidos. Revista Ibero Americana de Educación, n.18, p.1-25, 1998.

CHEVALLARD, Y. La Transposition Didactique: Du Savoir Savant au Savoir Enseigné. Grenoble, La pensée Sauvage. 1991.

DIAS, C. E. Processo de trabalho e saúde dos trabalhadores na produção artesanal de carvão vegetal em Minas Gerais, Brasil. PAPER, 2002.

FILHO, J. P. A. Regras da transposição didática aplicadas ao laboratório didático. Caderno Catarinense de Ensino de Física, v. 17, n. 2, ago. 2000.

LEONEL, M. F. Uso da Energia ao longo da história: evoluções e perspectivas futuras. Revista Liberatu, 2011.

LOPES, A. R. C.; Conhecimento escolar em química- processo de mediação didática da ciência. Química Nova, 20(5) (1997).

PEREIRA, A. Precarização e (Des)Estruturação do Trabalho nas Carvoarias. Programa de Pós Graduação em Geografia UNESP, 2007.

PEREIRA, C. L. N.; SILVA, R. R. A história da ciência e o ensino de ciências. Revista Virtual de Gestão de Iniciativas Sociais. Disponível em <<http://www.ltds.ufrj.br/gis/artigos.htm>> Acesso em 08 de julho de 2013.

PINHEIRO, P. C. C. et al. A produção de carvão vegetal: teoria e prática. Belo Horizonte, 2006.

QUIRINO, W. F. Poder Calorífico da madeira e de Resíduos Lignocelulósicos. Renabio, 2004.

SÁ, H. C. A.; SILVA, R. R. Contextualização e interdisciplinaridade: concepções de professores no ensino de gases In: Encontro Nacional de Ensino de Química – ENEQ, 14, Curitiba, 2008. *Anais...* Curitiba, 2008.

SANTOS, Sueli de Fátima de Oliveira Miranda and HATAKEYAMA, Kazuo. Processo sustentável de produção de carvão vegetal quanto aos aspectos: ambiental, econômico, social e cultural. *Prod.* [online]. 2012, vol.22, n.2 [cited 2015-06-11], pp. 309-321 . Available from: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-65132012000200011&lng=en&nrm=iso>. Epub Mar 06, 2012. ISSN 0103-6513. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-65132012005000010>.

SANTOS, W. L. P.; MÓL, G. S.; SILVA, R. R.; CASTRO, E. N. F.; SILVA, G. S.; MATSUNAGA, R. T.; FARIAS, S. B.; SANTOS; S. M. O.; DIB, S. M. F. Química e Sociedade, uma experiência de abordagem temática para desenvolvimento de atitudes e valores. Química Nova na Escola, São Paulo, N° 20, p. 11-14, Nov. 2004.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. D. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência – Tecnologia – Sociedade) no contexto da educação brasileira. ENSAIO – Pesquisa em Educação em Ciências Volume 02/Número 2, 23 p., Dezembro 2002.

SANTOS, W.L.P. dos; MALDANER, O.A (Orgs). Ensino de Química em Foco. Ijuí, Editora UNIJUÍ, 2010. 368p. (Coleção Educação em Química). (Santos e Maldaner, 2010).

SCAFI, S. H. F. Contextualização do Ensino de Química em uma Escola Militar, Química Nova na Escola, São Paulo, Vol. 32, N° 3, p. 176; Ago. 2010.

APÊNDICE 1

Texto para o professor do ensino médio

Fundamentos do Carvão

Vitor, M. L. S.; Suarez, P. A. Z.*

Fundamentals of Charcoal

Abstract

This paper discusses the chemical of charcoal, the production of charcoal from wood, the chemical transformations associated with the production process and the calorific value corresponding to each production step. The paper also discusses the historical, social and economic aspects involved in the production of charcoal with a focus on CTSA Education (Science, Technology, Society and Environment). The methodology for obtaining charcoal process consists in incomplete combustion reactions of wood in a system designed with an aluminum can with small holes, a metal lid and a heat source. To monitor chemical transformations during the production of charcoal, analytical methods of X-ray diffraction (XRD) were used and the calorific value of each production step was verified with support of a reactor. The work allowed to discuss chemical transformations in the production of charcoal as well as the social problems associated with the charcoal workers.

Key words: Charcoal; Wood; Production of charcoal.

Resumo

Este artigo discute a química do carvão vegetal, a produção do carvão vegetal a partir da madeira, as transformações químicas associadas ao processo de produção e o poder calorífico correspondente a cada etapa de produção. O artigo também aborda os aspectos históricos, sociais e econômicos envolvidos na produção do carvão vegetal em carvoarias com enfoque na educação CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente). A metodologia para o processo de obtenção do carvão vegetal compreende a realização de reações de combustão incompleta da madeira em um sistema projetado com uma lata de alumínio com pequenos orifícios, uma tampa metálica e uma fonte calor. Para acompanhar as transformações químicas durante a produção do carvão vegetal, foram utilizados métodos analíticos de difração de raios X (DRX) e por fim, verificou-se o poder calorífico a cada etapa de produção com o auxílio de um reator. O trabalho realizado permitiu discutir as transformações químicas na produção do carvão vegetal como também os problemas sociais associados aos trabalhadores das carvoarias.

Palavras-chave: Carvão vegetal; Madeira; Produção de carvão vegetal.

*Laboratório de Materiais e Combustíveis - Instituto de Química – Universidade de Brasília, P. Box. 4478, 70919-970, Brasília, DF, Brasil.

psuarez@unb.br

Fundamentos do Carvão

Vitor, M. L. S.; Suarez, P. A. Z.*

^aLaboratório de Materiais e Combustíveis - Instituto de Química – Universidade de Brasília, P. Box. 4478, 70919-970, Brasília, DF, Brasil.

*psuarez@unb.br

Recebido em Aceito para publicação em...

1.O surgimento do carvão como matriz energética

O carvão foi uma das primeiras fontes de energia usadas pela sociedade em escala industrial. Antes disso, o homem atendia suas necessidades energéticas a partir de outras fontes como, por exemplo, o uso de lenha, dos rios e dos ventos.

O carvão mineral, combustível fóssil encontrado em jazidas no subsolo, passou a ser utilizado como fonte energética em larga escala a partir do Século XVIII durante a Primeira Revolução Industrial, ocorrida na Inglaterra. Devido a uma maior disponibilidade e maior concentração energética, o carvão substituiu gradativamente a lenha na geração de vapor para movimentar as máquinas que foram o principal pilar da revolução industrial.

As máquinas a vapor faziam uso deste para transformar a energia calorífica liberada pela queima do combustível em trabalho mecânico. Na estrutura das máquinas, havia um compartimento chamado de fornalha, onde se queimava o combustível (carvão) para produzir o vapor necessário.

O desenvolvimento das máquinas a vapor contribuiu para a expansão industrial. Até a sua criação, os trabalhos realizados eram executados e dependiam unicamente da força braçal dos trabalhadores. Com uma única máquina a vapor, era possível realizar o trabalho de centenas de empregados e fornecer a energia necessária para acionar todas as máquinas de uma fábrica. A Figura 1.1 ilustra a estrutura de uma das máquinas a vapor da época.

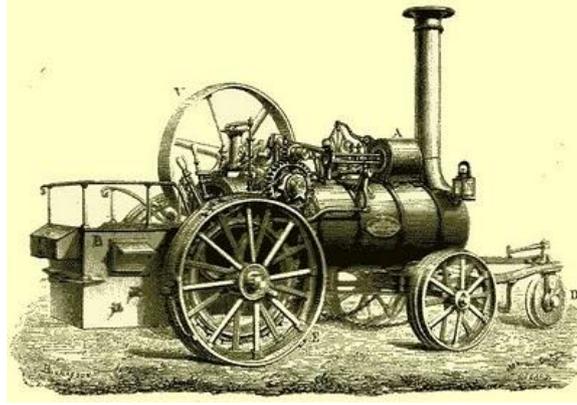


Figura 1.1. Máquina a vapor (Fonte: Blog The Day, The Story)

Além de sua importância no desenvolvimento industrial, o carvão desempenhou um papel relevante na sociedade da época. O calor e vapor gerados na queima de carvão eram utilizados para movimentar locomotivas e navios, o que contribuiu para o aprimoramento dos transportes.

Ao longo dos anos, com o desenvolvimento dos motores a explosão interna o carvão foi substituído como combustível em veículos automotores pelo petróleo e o gás natural. No entanto, com o aumento da demanda energética e o aumento do custo do petróleo, reacendeu-se uma tendência mundial ao aumento do consumo de carvão principalmente em usinas termelétricas e em indústrias siderúrgicas.

No entanto, o Brasil é pobre em reservas de carvão mineral, e com a crise do petróleo na década de 70 surgiram várias opções energéticas novas renováveis, assim, a biomassa foi apontada com um grande potencial energético. Dentre essas várias propostas de opções energéticas duas receberam atenção especial, o Proálcool e o incentivo a grandes plantações de eucalipto e pinho para a produção de carvão vegetal, resolvendo o problema das poucas jazidas de carvão mineral situadas no país.

O carvão vegetal proveniente da madeira tem grande destaque como fonte de energia no Brasil, como pode ser visualizado na Figura 1.2.



Figura 1.2. Oferta interna da energia no Brasil. Fonte: Empresa de Pesquisa Energética. Ministério de Minas e Energia.

A produção de carvão vegetal brasileira é destinada tanto para o atendimento da demanda de diversos setores da indústria (termoelétricas, siderurgia, metalurgia, cimento e outros), como também para a utilização residencial urbana e rural.

A tendência atual em resgatar o carvão como fonte de energia coloca o Brasil na posição de maior produtor mundial de carvão vegetal. No setor industrial (quase 85% do consumo), o ferro-gusa, aço e ferro-ligas são os principais consumidores do carvão de lenha, que funciona como redutor (coque vegetal) e energético ao mesmo tempo. O setor residencial consome cerca de 9% da produção, seguido do setor comercial com 1,5%, representado por pizzarias, padarias e churrascarias.

É incontestável a importância do carvão vegetal na produção energética no país, assim como sua contribuição no desenvolvimento da sociedade moderna a partir da sua utilização em diversos setores da economia. O desenvolvimento de empresas na área da siderurgia, além de ter proporcionado a geração de impostos, faturamento para o mercado interno e capital de exportação, gerou muitos empregos.

Na atualidade, o faturamento anual na cadeia produtiva da siderurgia a carvão vegetal é de aproximadamente quatro bilhões de dólares, arrecadando 600 milhões de dólares de impostos e empregando 120 mil pessoas. (Dias, Assunção, Guerra & Prais, 2002).

2. Tecnologias na produção de carvão vegetal no Brasil

A produção de carvão, a partir de madeira, compreende um procedimento de carbonização. Segundo PINHEIRO et al. (2006), a carbonização é um processo em que a madeira é submetida a aquecimento entre 450 e 550 °C em ambiente fechado, com pequena quantidade ou exclusão total de ar. Durante esse processo, são liberados gases, vapores de água e líquidos orgânicos, permanecendo como resíduos, principalmente o alcatrão e o carvão vegetal.

A carbonização corresponde à combustão incompleta da madeira, em função da quantidade insuficiente de oxigênio no sistema que não permite completar a reação de combustão. A estrutura desorganizada e com baixo poder calorífico característica da madeira é convertida em um produto com alto poder de queima: o carvão vegetal.

Nos processos de produção de carvão vegetal em carvoarias, a produção é organizada, basicamente, de acordo com o fluxograma representado na figura 2.1 e as atividades podem ser subdivididas em quatro grupos: produção de material lenhoso, produção de carvão, transporte do material lenhoso e do carvão e atividades acessórias de suporte e gestão da carvoaria.



Figura 2.1. Fluxograma de produção de carvão vegetal

O procedimento é iniciado com o corte da madeira da mata nativa ou de florestas homogêneas, geralmente de eucalipto ou pinho. O abate da árvore faz uso de ferramentas manuais como a foice e o machado, mas de acordo com a habilidade dos empregados e do recurso financeiro do empregador, pode ser utilizado equipamento mecanizado, como por exemplo, a motosserra. Após o corte, os galhos das toras são retirados e os troncos são mantidos em formato cilíndrico e superfície lisa.

Em seguida, os troncos são expostos ao sol para secagem. A secagem dura cerca de 15 a 30 dias e em seguida, as toras são transportadas e empilhadas. O transporte pode ser realizado por animais de tração ou dependendo da carvoaria, por caminhões e tratores.

Antes que as toras sejam transportadas para os fornos, é realizado o preparo do forno. O local é limpo pelos trabalhadores com a retirada dos resíduos restantes do processo de carbonização realizado ali anteriormente. Em seguida, coloca-se uma camada de folhas sobre o solo dos fornos para evitar o contato da madeira com a superfície da terra e minimizar as perdas de calor da madeira durante a carbonização. Por fim, as toras empilhadas são transportadas manualmente para dentro dos fornos e os fornos são fechados para dar início o processo de combustão.

O ciclo de carbonização da madeira dura aproximadamente três dias e é supervisionado de hora em hora pelo trabalhador da carvoaria. Essa função é designada a um trabalhador experiente, que precisa conhecer bem o processo de carbonização, uma vez que esse conhecimento é adquirido apenas ao longo dos anos de experiência. Uma das funções atribuídas a esse trabalhador inclui identificar a necessidade da entrada de mais ou menos oxigênio nos fornos e ocorrência de superaquecimento nos fornos. O superaquecimento é um problema durante a produção, pois pode romper a cinta (estrutura de vedação do forno), desmoronar o forno e perder a carga de madeira.

A carbonização é completa quando é expelida uma fumaça azul por um dos orifícios do forno. Nesse momento, o carvão vegetal está pronto e então é solicitado a um dos trabalhadores, chamados de embarreladores ou mais comumente de tatus, para fechar os orifícios do forno e impedir a entrada de oxigênio, cessando completamente a combustão.

O forno então é desligado para resfriamento e em seguida, aberto para que os trabalhadores possam retirar o carvão vegetal. A retirada é feita com o auxílio de um garfo e o carvão produzido é levado ao local de descarga para que possa ser ensacado e transportado para os distribuidores.

A produção de carvão vegetal no Brasil, até o início da década passada, era realizada predominantemente em fornos circulares de alvenaria de pequeno porte denominados fornos de superfície, Santos & Hatakeyama (2012). Suas capacidades de processamento de madeira variam de 7 m³ (fornos tipo “rabo quente”) a 70 m³ (fornos circulares de 7 metros de diâmetro) de volume sólido, ou de 4 a 40 toneladas de madeira. A Figura 2.2 ilustra um forno de alvenaria do tipo “rabo quente” utilizado para produção do carvão vegetal.



Figura 2.2. Forno “rabo quente” utilizado para produção de carvão vegetal
(Fonte: Santos & Hatakeyama, 2012)

Os fornos do tipo “rabo quente” são responsáveis por cerca de 70% do carvão produzido no Brasil (Pinheiro, 2006). Esses fornos realizam um ciclo a cada seis ou sete dias, podendo chegar a dez dias se a umidade da lenha for elevada. Esse período é dividido em duas etapas: inicialmente, realiza-se o acendimento do forno e o controle da entrada de ar, ocorrendo efetivamente a carbonização. Em seguida, terminada a carbonização, que dura em média três dias, o forno é completamente vedado com argila e deixado em resfriamento até atingir temperaturas internas de 40 a 50 °C. Ao atingir essa temperatura, é possível então descarregar do forno o carvão vegetal produzido sem risco de ignição, em função do contato com o ar.

Em função do custo de produção e da facilidade de operação, é comum encontrar carvoarias com até 120 fornos construídos junto às florestas nativas e/ou cultivadas. No entanto, o grande problema desses fornos é a alta dependência de mão de obra para operações manuais de carga de madeira e descarga do carvão.

Com o objetivo de aperfeiçoar o procedimento de produção de carvão vegetal, a partir de 1980, grandes empresas iniciaram um processo de construção de grandes fornos retangulares de alvenaria com a finalidade de mecanizar ao máximo suas operações florestais, desde a colheita da madeira, o enchimento dos fornos até a descarga do carvão.

Os grandes fornos retangulares apresentam capacidades de processamento de madeira que variam de 150 m³ a 450 m³ de volume sólido, ou de 80 a 250 toneladas de madeira. Os fornos retangulares apresentam ciclo de produção variando entre 13 e 18 dias, são equipados com sistema de

instrumentação, controle de temperatura e programas de gerenciamento do processo de carbonização. A Figura 2.3 ilustra um forno retangular para produção de carvão vegetal.



Figura 2.3. Forno de alvenaria de grande porte para produção de carvão vegetal (Fonte: www.inee.org.br).

Uma outra tecnologia para produção de carvão vegetal atualmente diz respeito ao processo de carbonização contínua da madeira em cilindros metálicos verticais (parte de aço inoxidável e parte de aço carbono). Esse processo faz parte do procedimento industrial de produção de carvão vegetal, em função das características de volume, nível de investimento e possibilidade de organização do trabalho.

O processo de produção do carvão vegetal com essa tecnologia consiste basicamente em carregar o cilindro metálico com lenha previamente cortada em tamanho uniforme e com o teor de umidade reduzido. O cilindro metálico carregado é fechado na extremidade inferior com uma grelha que permite a circulação do ar e dos fumos decorrentes da carbonização da lenha. Em seguida, inicia-se a carbonização da lenha e a fumaça produzida é canalizada para o queimador. Parte desse ar quente é utilizado para auxiliar na secagem da lenha, facilitando a evaporação da água presente. A cada ciclo de carbonização, o cilindro é colocado em resfriamento e por fim, descarregado. A Figura 2.3 ilustra um desenho esquemático da produção em cilindros metálicos verticais.



Figura 2.4. Produção de carvão em cilindros metálicos verticais (Fonte: Santos & Hatakeyama, 2006).

O processo de carbonização em cilindros metálicos verticais é de concepção simples e constitui um processo semicontínuo para produção de

carvão vegetal. Esse processo de produção de carvão vegetal é um sistema de carbonização de madeira eficiente em operação no mundo e possui rendimentos consideráveis.

3.A produção de carvão vegetal e questões sociais

A importância econômica e social do carvão no Brasil atual é inegável, uma vez que o faturamento anual na cadeia produtiva da siderurgia a carvão vegetal é de aproximadamente 17,1 bilhões de dólares e empregando 19 mil empregados só na Companhia Siderúrgica Nacional, a maior da América Latina tendo um grande destaque mundial, (www.csn.com.br 2013).

As carvoarias que trabalham de forma legal processam apenas madeira oriunda de florestas de plantio ou desmatamentos autorizados pelos órgãos competentes. Além disso, empregam mão de obra em pleno acordo com o arcabouço legal, ou seja, garantem os direitos básicos dos trabalhadores.

No entanto, ainda existem no Brasil muitas carvoarias que atuam de forma clandestina, as quais não respeitam nem os direitos básicos dos trabalhadores nem o uso de madeira legalizada para o processo. Principalmente por não respeitar a carga horária e nem fornecer condições mínimas de trabalho, o processo de trabalho na produção de carvão vegetal clandestino e sua articulação de vida e saúde dos trabalhadores carvoeiros ainda é um assunto delicado e de cunho social que deve ser tratado.

De fato, as carvoarias ilegais empregam na produção de carvão vegetal, em um regime que muitas vezes se assemelha à escravidão, tanto adultos como crianças. Em sistemas de produção familiar, as crianças desde muito cedo acompanham os pais nas carvoarias e partir daí, começam a conhecer o processo produtivo. Quando atingem idade de 12 e 13 anos, algumas crianças já assumem todas as tarefas, sem distinção de sexo, e passam a participar inteiramente do processo produtivo. A figura 3.1 ilustra a presença de crianças no trabalho em carvoarias.



Figura 3.1. Trabalho infantil nas carvoarias (linhaslivres.wordpress.com).

Além de o trabalho infantil configurar um problema social nesses sistemas de produção ilegais, as condições de vida e de trabalho dessas pessoas são preocupantes. Por exemplo, no caso de carvoarias volantes, ou seja, carvoarias que se deslocam periodicamente, os trabalhadores moram ou ficam

alojados próximos aos fornos, em instalações improvisadas, cobertas por lonas e não dispõem de condições mínimas de higiene e saneamento básico.

Os processos ilegais de produção de carvão vegetal acarretam acidentes e problemas de saúde para os trabalhadores. O esforço físico excessivo e o trabalho em posições forçadas estão presentes em todas as etapas do processo de trabalho. Nas fases de preparo e enchimento do forno, acidentes envolvendo a queda de toras são frequentes, atingindo os trabalhadores e provocando lesões. Outra etapa preocupante é a retirada do carvão do forno, a fumaça expelida, por conta da carbonização da madeira, irrita os olhos e as vias aéreas superiores podendo ocasionar sérios problemas respiratórios.

Diferentemente das carvoarias legalizadas, as quais garantem os direitos trabalhistas básicos, as instalações ilegais contam com jornada de trabalho indefinida, além de não fornecerem seguro social e seguro de acidentes de trabalho. As condições de trabalho são inadequadas, sem o mínimo de conforto, exigindo grande esforço físico e comprometendo a saúde da classe trabalhadora, muitas vezes, de forma irreversível.

Frente a todos esses problemas apresentados quanto ao processo de produção ilegal de carvão, o Brasil tem adotado uma política de punição aos responsáveis, trabalhando juntamente os órgãos responsáveis pelo controle ambiental e do trabalho, polícia Federal e polícia Civil para fiscalizar as condições das carvoarias, além de encontrar e punir as ilegais.

No entanto, deve-se ressaltar que em sua maior parte, as carvoarias estão trabalhando dentro da legalidade, respeitando tanto os preceitos ambientais quanto respeitando seus trabalhadores. Estas carvoarias estão bem preparadas para fornecer o carvão vegetal de qualidade às siderúrgicas, aos comerciantes e a população, contando com madeira plantada em pequenas e grandes fazendas, fornecendo, assim, incentivo à agricultura, além de responsabilidade social com seus funcionários.

4.O que é carvão?

O carvão, em sua constituição química, é composto de átomos de carbono, oxigênio, nitrogênio e enxofre, além de outros componentes rochosos (como arenito, silito, folhetos e diamictitos) e minerais, como a pirita.

O carvão é uma complexa e variada mistura de componentes orgânicos sólidos, fossilizados ao longo de milhares de anos, como ocorre com os combustíveis fósseis. Existem dois tipos básicos de carvão encontrados na natureza: vegetal e mineral. O vegetal é obtido por meio da carbonização da lenha, que naturalmente ocorre por ação de raios ou de queimadas, e o mineral é formado pela decomposição da matéria orgânica, sob determinadas condições de temperatura e pressão (ANEEL, 2002).

Com relação ao carvão vegetal, a sua produção envolve o processo de carbonização a partir da madeira, onde a matéria prima é submetida a

tratamento térmico, sob temperatura elevada, em uma atmosfera redutora (ALMEIDA & REZENDE, 1982). A carbonização, assim como a madeira da qual foi realizado o processo, define, basicamente, as propriedades do carvão vegetal. As variações possíveis provocam alterações físico-químicas no carvão, que podem ser detectadas por métodos analíticos.

Em contrapartida, o carvão mineral é considerado um minério não-metálico, que possui cor preta ou marrom e possui grande potencial para combustível. Sua qualidade é determinada pelo conteúdo de carbono e varia de acordo com o estágio de formação e com a composição dos demais componentes químicos. A capacidade de produção de calor, ou poder calorífico, é favorecida pela concentração de carbono e prejudicada pela presença de impurezas como elementos rochosos e minerais.

Para entender a transformação química envolvida no processo de produção de carvão a partir de madeira, realizou-se um experimento no laboratório utilizando palitos comerciais com diâmetro de 4 mm e largura de 6 cm. O procedimento realizado, ilustrado na figura 4.1, utilizou um sistema para combustão composto por uma lata de alumínio com pequenos orifícios, uma tampa revestida de material metálico e um bico de Bunsen para fornecer o calor necessário.



Figura 4.1. Sistema artesanal de carbonização incompleta, a esquerda antes da carbonização e a direita durante o processo de carbonização.

Para a carbonização, o procedimento será descrito a seguir:

- 1) Colocaram-se os palitos na lata de alumínio com os pequenos orifícios para dar início ao processo. Os pequenos orifícios tinham por objetivo controlar a entrada de oxigênio no recipiente;
- 2) Em seguida, a lata de alumínio foi lacrada com a tampa revestida de material metálico;
- 3) O bico de Bunsen foi aceso para fornecimento do calor necessário para iniciar a reação de combustão. Alternativamente, pode-se utilizar diretamente fogões domésticos como fonte de calor.

A primeira fumaça expelida indicava o início da reação de combustão incompleta. Devido à alta temperatura do bico de Bunsen, o calor fornecido foi intenso e a segunda fumaça expelida já indicava o término da reação. Para

acompanhar o andamento das reações, realizaram-se ensaios de 1, 3, 5, 30 e 60 min.

O produto final, ou seja, o carvão vegetal foi retirado do recipiente e em seguida, macerado em um grau de porcelana com um pistilo de porcelana. A etapa de maceração tinha como objetivo pulverizar o carvão e facilitar as análises químicas. A etapa de maceração e os utensílios usados durante essa etapa são ilustrados na figura 5.3.

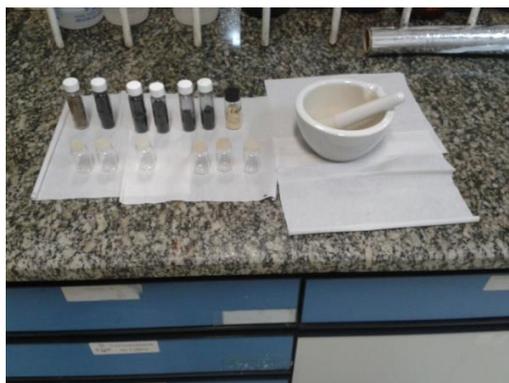


Figura 4.2. Grau e pistilo de porcelana usado durante a etapa de maceração do carvão vegetal produzido.

Inicialmente, foi realizada a caracterização do carvão vegetal produzido nos ensaios de 1, 3, 5, 30 e 60 min por meio de difratometria de raio X (DRX). Utilizou-se equipamento RICA KU modelo ULTIMA-IV, operando com tubo de cobre e filtro de níquel, sob voltagem de 35 kV e 15 mA e velocidade de varredura de 1°/min, no intervalo de 2 theta de 3° a 40°.

A figura 4.3 ilustra os difratogramas de cada ensaio com seus respectivos tempos reacionais. É importante ressaltar que como se trata de uma análise de comparação entre os espectros, não foi necessária a utilização de um banco de dados para identificar os picos nos difratogramas.

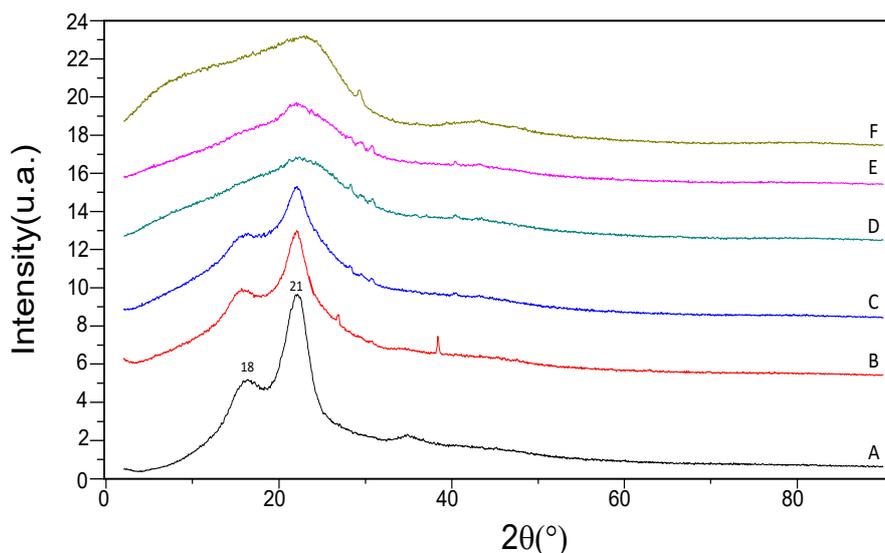


Figura 4.3. Difratogramas de DRX para cada ensaio realizado: o palito de madeira inicial (A) e seus produtos de carbonização após 3 min (B), 5 min (C), 30 min (D) e 60 min (E), e de um carvão vegetal comercial (F).

A análise em DRX verifica o arranjo estrutural dos átomos do composto e no caso da madeira, o difratograma apresentou dois picos característicos em aproximadamente 18° e em 21°, Antônio (2008). Como é descrito na literatura, o difratograma apresentou picos largos, indicando um composto com baixa cristalinidade. Com o aumento do tempo de reação de combustão, observou-se a diminuição do pico em 18° e o alargamento do pico 21° até que a amostra da reação de 60 min apresenta estrutura parecida a do carvão vegetal comercial aferido por meio da comparação entre os espectros.

No que diz respeito à sua constituição, a madeira é composta basicamente de oxigênio, hidrogênio e carbono. Em termos de moléculas, a lignina, a celulose e as hemiceluloses são constituídas majoritariamente por esses três elementos químicos. A lignina corresponde a aproximadamente 65% de carbono e a celulose, a 45% (Lora, 1997).

A presença de oxigênio, hidrogênio e carbono pode ser relacionada ao processo de combustão da madeira e a carbonização representa o somatório de cada um desses principais componentes. O carvão vegetal, resultado desse processo, pode reter até 57% de todo carbono inicial presente na madeira e a composição restante inclui gases enriquecidos de carbono e líquido pirolenhoso condensado.

Para se verificar o enriquecimento do poder calorífico com o aumento da carbonização, o produto final de cada ensaio realizado foi submetido à análise no equipamento Parr Modelo 6725 para determinação do poder calorífico, conforme a norma ASTM D240. A análise consiste na utilização de um calorímetro de combustão constituído por uma bomba calorimétrica (sistema adiabático onde ocorre a reação de combustão da amostra) inserida em um recipiente com quantidade conhecida de água destilada que absorve a

quantidade de calor liberada durante a reação exotérmica. A figura 4.4 ilustra o calorímetro de combustão utilizado.

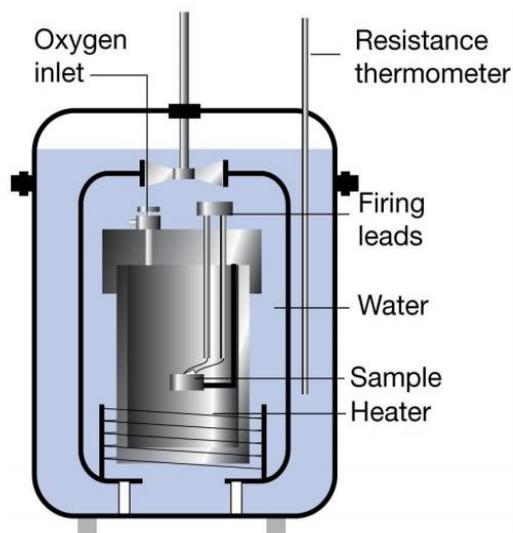


Figura 4.4. Calorímetro de combustão composto por entrada de oxigênio, termômetro de resistência, condutores de ignição e calefator. Fonte: Primeira Lei da Termodinâmica Entalpia/Calorimetria, Ricardo Aparício - IQ/Unicamp - 2s/2014.

O procedimento para realização da análise físico-química será descrito a seguir:

- 1) Foi necessária a calibração do calorímetro (determinação da sua capacidade calorífica), utilizando uma amostra padrão (1 grama de pastilha de ácido benzoico), com calor de combustão conhecido;
- 2) Colocou-se a pastilha em contato com 10 cm de fio de cobre (condutor da ignição) e a bomba calorimétrica foi fechada;
- 3) Com o recipiente vedado, encheu-se a bomba com gás oxigênio até atingir uma pressão de 25 psi;
- 4) Em seguida, a bomba foi imersa em um recipiente com 2 litros de água destilada e os fios do contato elétrico foram conectados, permitindo a condução da corrente elétrica e o funcionamento do termômetro;
- 5) O calorímetro foi ligado e anotou-se o valor correspondente à temperatura inicial (T_i) do procedimento;
- 6) Em seguida, acionou-se a ignição e a temperatura começou a subir, indicando o início da reação. Esperou-se a temperatura estabilizar e o valor da temperatura final (T_f) foi anotado.

Ao final do procedimento, verificou-se a variação de temperatura e a quantidade de fio de cobre queimado durante o processo. Foi preciso considerar o calor de combustão do fio de cobre no cálculo da capacidade calorífica da bomba.

O cálculo da capacidade calorífica ($\text{cal}/^\circ\text{C}$) foi realizado conforme a equação a seguir:

$$C = \frac{Hm + e}{\Delta T}$$

Na equação representada, tem-se H = calor de combustão do ácido benzoico em calorias por grama, m = massa da pastilha de ácido benzoico em gramas, ΔT = variação de temperatura após a combustão ($T_f - T_i$) e e = correção para o calor de combustão do fio de cobre em calorias.

Após a calibração da bomba, determinou-se o poder calorífico do carvão vegetal obtido nos ensaios a partir de sua combustão. Para o cálculo, utilizou-se a seguinte equação:

$$H = \frac{C\Delta T - e}{m}$$

Onde, H = calor de combustão do carvão vegetal em calorias por grama, m = massa do carvão vegetal em gramas, ΔT = variação de temperatura após a combustão ($T_f - T_i$) e e = correção para o calor de combustão do fio de cobre em calorias.

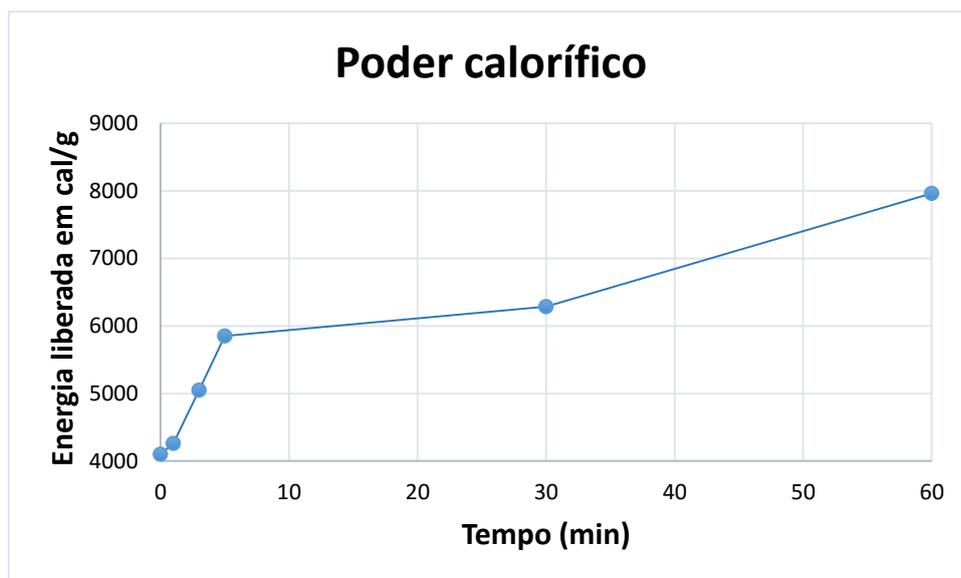


Gráfico 1. Poder calorífico (energia liberada *versus* tempo de carbonização).

No experimento realizado, a matéria-prima consistia em espetinhos para churrasco fabricados a partir da madeira do gênero *Eucalyptus*. O processo de carbonização do *Eucalyptus* pode ser descrito, segundo REZENDE (2006), inicialmente com a secagem da madeira e eliminação da umidade com manutenção da temperatura em torno de 110°C. Em seguida, a partir de 200°C, há perda de massa das hemiceluloses e a partir de 300°C, perda da celulose, resultando na formação de gás rico em carbono, óleo e água.

Dessa forma, há enriquecimento de carbono ao produto final e conseqüentemente, maior energia relacionada ao processo de combustão. Isso pode ser observado por meio da acentuada inclinação na curva de poder calorífico do início da reação até os cinco primeiros minutos, no gráfico 1.

A suave inclinação posterior aos cinco minutos está relacionada à degradação da lignina que se deu início em temperatura menor por volta de 150°C. A quebra de moléculas da lignina ocorre mais lentamente se comparada à quebra de moléculas de celulose e hemicelulose; no caso da celulose e hemicelulose, 60% de sua massa inicial é consumida quando atinge-se temperaturas próximas a 500°C.

Por fim, o carvão vegetal, como produto final da reação, é rico em carbono e possui alto valor de poder calorífico. Segundo o gráfico 1, pode-se observar um máximo de energia liberada em torno do valor de 8000 cal/g, conforme esperado na literatura.

5.Considerações finais

O carvão vegetal tem grande importância na sociedade desde o século XVIII até os dias atuais. A economia de países como o Brasil mantém pilares na produção de carvão vegetal e impulsiona o desenvolvimento da indústria a partir dessa fonte energética.

Mesmo sendo pouco divulgado nosso país se beneficia imensamente com a energia provinda dele, atualmente os agricultores estão investindo em grandes plantações de madeira do gênero *Eucalyptus*, devido à larga procura da Indústria e do comércio.

Além do seu grande uso para alavancar a economia brasileira o carvão vegetal é utilizado para outras áreas, sendo considerada um consumo de subsistência, como: produção do carvão vegetal a partir das limpezas das árvores da cidade, dos resíduos das madeiras, das toras que chegam através dos rios nas grandes florestas, dentre elas a Amazônica, entre outros.

Dessa forma, pode-se sim utilizar dessa tecnologia antiga como a carbonização incompleta gerando um produto sustentável e ecológico para cunho industrial e pequeno consumo, a partir de um sistema simples, barato de confeccionar e muito útil para o desenvolvimento nacional.

6.Agradecimentos

O autor agradece às diferentes agências que financiam as pesquisas do

Laboratório de Materiais e Combustíveis do Instituto de Química da UnB (CNPq, CAPES, FAPDF) e ao INCT-CATÁLISE. O autor agradece também ao CNPq pela bolsa de pesquisa concedida.

7.Referências Bibliográficas

1. SANTOS, Sueli de Fátima de Oliveira Miranda and HATAKEYAMA, Kazuo. Processo sustentável de produção de carvão vegetal quanto aos aspectos: ambiental, econômico, social e cultural. *Prod.* [online]. 2012, vol.22, n.2 [cited 2015-06-11], pp. 309-321 . Available from: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-65132012000200011&lng=en&nrm=iso>. Epub Mar 06, 2012. ISSN 0103-6513. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-65132012005000010>
2. PINHEIRO, P. C. C. et al. A produção de carvão vegetal: teoria e prática. Belo Horizonte, 2006.
3. BRITO, José Otávio. Carvão vegetal no Brasil: gestões econômicas e ambientais. *Estud. av.* [online]. 1990, vol.4, n.9 [cited 2015-06-12], pp. 221-227 . Available from: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40141990000200011&lng=en&nrm=iso>. ISSN 1806-9592.
4. ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica.
5. LEONEL, M. F. Uso da Energia ao longo da história: evoluções e perspectivas futuras. Revista Liberatu, 2011.
6. QUIRINO, W. F. Poder Calorífico da madeira e de Resíduos Lignocelulósicos. Renabio, 2004.
7. PEREIRA, A. Precarização e (Des)Estruturação do Trabalho nas Carvoarias. Programa de Pós Graduação em Geografia UNESP, 2007.
8. DIAS, C. E. Processo de trabalho e saúde dos trabalhadores na produção artesanal de carvão vegetal em Minas Gerais, Brasil. PAPER, 2002.