

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
CAMPUS DOIS VIZINHOS  
CURSO BACHARELADO DE ENGENHARIA FLORESTAL

LUANA CAMPOS NUNES

**ELABORAÇÃO DE MATERIAL DIDÁTICO SOBRE O IMPACTO DA  
PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL NO MUNICÍPIO DE TUCURUÍ -  
PARÁ**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II

DOIS VIZINHOS

2018

LUANA CAMPOS NUNES

**ELABORAÇÃO DE MATERIAL DIDÁTICO SOBRE O IMPACTO DA  
PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL NO MUNICÍPIO DE TUCURUÍ -  
PARÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso Superior de Engenharia Florestal da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Florestal.

Orientadora: Prof. Dra. Flavia Alves Pereira

DOIS VIZINHOS

2018



---

## **TERMO DE APROVAÇÃO**

**ELABORAÇÃO DE MATERIAL DIDÁTICO SOBRE O IMPACTO DA PRODUÇÃO DE  
CARVÃO VEGETAL NO MUNICÍPIO DE TUCURUÍ - PARÁ**

por

**LUANA CAMPOS NUNES**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 14 de Junho de 2018 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal. O(a) candidato(a) foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Prof. Dr. Flávia Alves Pereira  
Orientador(a)

---

Prof. Especialista. Renan De Bastos Andrade  
Membro titular (UTFPR)

---

Prof. Dr. Renan De Bastos Andrade  
Membro titular (UTFPR)

---

Rodrigo Grando  
Membro titular (UTFPR)

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso -

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades no decorrer da minha vida, principalmente na vida acadêmica.

Em seguida a minha família, linda e maravilhosa a quem tenho um amor imenso e um orgulho tremendo. Meu pai o Sr. Valmir Benedito, o melhor pai do mundo, obrigado por acreditar em mim, investir nos meus sonhos e sempre me incentivar nos estudos, não poupando esforços para o meu melhor. A minha querida e amorosa mãe D. Lúcia, a mulher da minha vida, a única pessoa no mundo que me tranquiliza e traz calma diante de problemas. Aos meus amados irmãos Luciana, Luanda e Samuel (meu presentinho do céu) os quais tenho muito orgulho de ter em minha vida. Aos meus amorzinhos, Pietro e Juninho, meus sobrinhos travessos e queridos. E também a minha irmã de coração e comadre Chrisdiana, que sempre esteve ao meu lado e da minha família em todos os momentos, junto com a minha afilhada linda, Isabelly. Sem dúvida alguma, a distância de vocês minha família, foi a maior dificuldade, a maior dor e a maior saudade.

A minha orientadora, Prof. Dra. Flávia Alves Pereira, pelo suporte, conhecimento, broncas e puxões de orelha, eu merecia ser largada na orientação, mas teve paciência, seguiu em frente e me ajudou em tudo que foi possível, sem dúvida alguma, sem todo o seu conhecimento, nada disso seria possível, a ti dedico minha gratidão.

Aos meus amigos que a graduação me apresentou, obrigado por serem minha família durante todos esses anos Guilherme, Nayara, Catarina, Dieniffer e Larissa. E em especial ao grupo dos fiasquentos, que tem como integrante os melhores amigos que alguém poderia ter, Raquel, Grando, Roveda, Marina, Fernanda, Yumi, Keila, Marco, Matheus e Marcos. Obrigado por me fazerem rir das doidices e peculiaridades de cada um. Vocês jamais sairão da minha memória e do meu coração, afinal vocês durante esse tempo, também foram minha família.

A todos que torceram por mim e que tive a honra de conhecer, meu eterno e carinhoso, muito obrigado.

## RESUMO

NUNES, Luana C. **Elaboração de material didático sobre o impacto da produção de carvão vegetal no município de Tucuruí - Pará**. 2018. 61 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2018.

A partir da segunda metade da década de 1980, a produção guseira sofreu um deslocamento regional importante em direção a Amazônia oriental, iniciando assim a atividade de carvoejamento no Norte do País. O presente trabalho teve como objetivo a elaboração de material didático sobre o impacto da produção de carvão vegetal no município de Tucuruí estado do Pará. A metodologia aplicada foi realizada seguindo três propostas. Na primeira, realizou-se pesquisas bibliográficas e referencial teórico, que foram fator de suma importância para se obter as informações sobre a temática de interesse, servindo de base para o desenvolvimento das propostas seguintes. A segunda proposta se deu com a elaboração de um HQ – História em quadrinho, de título “Carvão Vegetal”, com linguagem mais simples e de fácil entendimento. A mesma enfatiza dois impactos ocasionados pela produção de carvão, que é a fumaça e a fuligem, com informações como o que é, como ocorre, o que causa a saúde humana e formas de mitigação. A terceira proposta foi a elaboração de um Boletim Técnico, com cunho formal e técnico, contendo descrição das principais características em relação a qualidade da madeira e qualidade do carvão vegetal. A elaboração de diferentes temáticas de ensino é uma excelente ferramenta para transmitir conhecimento, principalmente quando o assunto é um grande agente poluidor, como as carvoarias. Mesmo ocasionando inúmeros problemas em âmbito ambiental e social, há diferentes métodos de mitigação dos impactos gerados pelo carvoejamento e muitos proprietários já aplicam em sua propriedade tais métodos.

**Palavras-chave:** Carvoejamento. Tucuruí. Siderúrgica. Impactos. Madeira.

## ABSTRACT

NUNES, Luana C. **Elaboration of guidebook on production of charcoal in the municipality of Tucuruí - Pará.** 2018. 61 f. Final course assignment (Bachelor Degree in Forest Engineering) - Federal University of Technology - Paraná. Dois Vizinhos, 2018.

From the second half of the 1980s onwards, the regional production was significantly displaced towards the eastern Amazon, thus initiating the activity of charcoal production in the North of the Country. The objective of this study was to prepare didactic material on the impact of production of charcoal in the municipality of Tucuruí state of Pará. The applied methodology was carried out following four proposals. In the first one, bibliographical researches and theoretical reference were carried out, which were an important sum to obtain the information on the subject of interest, serving as a basis for the development of the following proposals. The second proposal came from the elaboration of a HQ - Comic History, titled "Vegetable Charcoal", with simpler language and easy to understand. It emphasizes two impacts caused by the production of coal, which is smoke and soot, with information such as what is, as it happens, what causes human health and forms of mitigation. The third proposal was the elaboration of a Technical Bulletin, with a formal and technical description, containing a description of the main characteristics in relation to wood quality and charcoal quality. Teaching is an excellent tool to convey knowledge, especially when the subject is a major polluter, such as charcoal. Even though there are many environmental and social problems, there are different methods of mitigating the impacts generated by charcoal and many owners already apply such methods to their property.

**Keywords:** Coaling. Tucuruí. Siderurgy. Impacts. Wood.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Realização da laboração do esboço da HQ sobre carvão vegetal. ....	26
Figura 2 - Esboço da HQ sobre carvão vegetal. ....	27
Figura 3 - Criação e edição do boletim técnico no software Adobe Photoshop®.....	28
Figura 4 - Página 1 da HQ “Carvão Vegetal”, mostra as crianças identificando um problema ambiental comum na cidade. ....	30
Figura 5 - Página 2 da HQ, mostra a professora explicando de onde vem os impactos identificados e o que ocasiona. ....	31
Figura 6 - Página 2 da HQ, mostra a professora propondo aos alunos que encontre um profissional que possa lhes explicar tudo sobre os impactos ocasionados pelas carvoarias. ...	33
Figura 7 - Página 3 da HQ, mostra o encontro e a felicidades dos alunos em conhecer um profissional que lhes explicará sobre os impactos gerados pelas carvoarias.....	34
Figura 8 - Página 4 da HQ, mostra o primeiro contato e admiração das crianças na carvoaria e explicação da professora Flávia sobre o processo de carbonização. ....	36
Figura 9 - Página 5 da HQ, explica de forma simples sobre a combustão da madeira e como a fuligem é formada.....	38
Figura 10 - Página 6 da HQ discorre sobre os principais impactos ocasionados pela fumaça e a fuligem as pessoas. ....	40
Figura 11 - Página 7 da HQ mostra sugestões de diversas formas para se acabar com os poluentes emitidos pelas carvoarias. ....	43
Figura 12 - Página 7 da HQ mostra a satisfação da professora em vê que os alunos conseguiram aprender sobre a temática proposta. ....	46
Figura 13 - Boletim Técnico com alguns critérios para a qualidade da madeiro e do carvão vegetal.....	48

## **LISTA DE SIGLAS**

ABAF – Associação Baiana das Empresas de Base Florestal

CVRD – Companhia Vale do Rio Doce

EPE – Empresa de Pesquisa Energética

EPI – Equipamentos de Proteção Individual

FEPAM – Fundação Estadual de Proteção Ambiental

IABr – Instituto Aço Brasil

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IBIO – Instituto BioAtlântica

OIT – Organização Internacional do Trabalho Brasil

PCI – Poder Calorífico Inferior

PCS – Poder Calorífico Superior

PCU – Poder Calorífico Útil

PGC – Programa Grande Carajás

UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>6</b>
<b>1.1 OBJETIVOS</b> .....	<b>8</b>
1.1.1 Objetivo Geral.....	8
1.1.2 Objetivo Específico.....	8
<b>2. REFERENCIAL TEORÍCO</b> .....	<b>9</b>
2.1 HISTÓRICO DE CONSUMO DO CARVÃO VEGETAL.....	9
2.2 CARBONIZAÇÃO .....	9
2.2.1 FULIGEM .....	10
2.3 QUALIDADE DA MADEIRA E QUALIDADE DO CARVÃO VEGETAL.....	12
2.3.1 Qualidade da madeira.....	12
2.3.2 Qualidade do carvão vegetal .....	14
2.4 PROCESSO DE PRODUÇÃO DO CARVÃO VEGETAL. ....	17
2.5 TIPOS DE FORNO DE CARBONIZAÇÃO .....	17
2.5.1 Alvenaria.....	18
2.5.2 Tecnológicos.....	18
2.6 PRINCIPAIS SUBPRODUTOS DA CARBONIZAÇÃO .....	19
2.7 PRINCIPAIS USOS DO CARVÃO VEGETAL E DISTRIBUIÇÃO POR SETOR.....	20
2.8 PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL NO ESTADO DO PARÁ.....	20
2.9 IMPACTOS DA PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL .....	22
2.10 FORMAS DE MITIGAÇÃO DOS IMPACTOS CAUSADOS PELA PRODUÇÃO DO CARVÃO VEGETAL.....	23
2.11 AÇÕES EXTENSIONISTAS .....	24
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>25</b>
3.1 ÁREA DE ESTUDO .....	25
3.2 PROCEDIMENTOS .....	25
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>30</b>
4.1 HISTÓRIA EM QUADRINHO - HQ .....	30
4.2 BOLETIM TÉCNICO.....	48
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>52</b>
<b>6 REFERÊNCIAS</b> .....	<b>53</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O carvão vegetal é proveniente da carbonização da madeira, onde seu uso pelo homem vem desde a era primitiva para aquecimento ou iluminação de suas moradias. A madeira carbonizada, com aspecto escuro e friável, gerava calor de fácil controle, sem muita chama e fumaça (JUVILLAR, 1980). Sua utilização tornou-se cada vez mais intensa, conforme a evolução da humanidade. A partir da Revolução industrial, no século XVIII, outras alternativas foram introduzidas na matriz energética, como o petróleo e a eletricidade (GUARDABASSI, 2006).

Atualmente, o Brasil é o maior produtor mundial de carvão vegetal, contribuindo com aproximadamente 30% da produção total. Os principais consumidores são os setores residenciais, comerciais, agropecuários e industriais, destacando-se o siderúrgico como maior consumidor (ABRAF, 2013).

O eucalipto é o gênero mais empregado, pois possui características favoráveis como rápido crescimento, facilidade de adaptação, grande potencial produtivo e alta densidade (VALERA & KAGEYAMA, 1988).

O Estado de Minas Gerais possui a maior área plantada de eucalipto e o maior parque siderúrgico movido a carvão vegetal do país. Além de se destacar como produtor e também como maior consumidor (REZENDE e SANTOS, 2010).

O polo siderúrgico de Carajás tem a segunda maior produção, com sede nos estados do Maranhão e Pará, seguido pelos polos de Espírito Santo e do Mato Grosso do Sul. A partir da segunda metade da década de 1980, a produção guseira sofreu um deslocamento regional importante em direção a Amazônia oriental, iniciando, assim, a atividade de carvoejamento no estado do Pará (CARNEIRO, 2008).

A criação do parque siderúrgico nos Estados do Pará e Maranhão, situados próximos ao polo mineral de Carajás, foi implantado pelo Programa Grande Carajás, propiciando a movimentação de inúmeras empresas para a região e também a disponibilidade de grande quantidade de recursos financeiros (CARNEIRO, 2008). Apesar da importância das florestas plantadas para a produção de carvão vegetal no Brasil, essa movimentação, intensificou a exploração de florestas nativas, ocorrendo de forma clandestina e ilegal em algumas regiões. No Pará, por exemplo, essa retirada abastece não somente as carvoarias e siderúrgicas, como também as serrarias e movelarias (MICHELOTTI, 1999).

O carvão vegetal possui significativa importância para a economia brasileira, entretanto, há grande preocupação quanto aos impactos sociais e ambientais de sua produção.

As condições de trabalho impostas aos trabalhadores, principalmente dos fornos artesanais, são muitas vezes de péssima qualidade, há instabilidade no emprego, falta de garantias trabalhistas e previdenciárias, baixos salários, trabalho forçado e presença de crianças e adolescentes. Além disso, durante a carbonização e combustão da madeira, pode haver emissão de partículas e gases poluentes como dióxido de carbono, metano, que contribuem para o efeito estufa (CANETTIERI et al. 2013)

O Pará possui inúmeros municípios que tem o carvoejamento como principal renda econômica e, essa atividade, submete trabalhadores e populações vizinhas às plantas de carbonização, aos efeitos danosos da fumaça. A adoção de técnicas como cortinas vegetais, coletores de fumaça, aproveitamento de subprodutos, empregadas por empresas deste setor, e pesquisas realizadas nas instituições de ensino, podem mitigar os impactos resultantes da produção de carvão vegetal. Neste contexto, a extensão universitária pode contribuir para disponibilizar o conhecimento à população.

Ações extensionistas estão previstas no artigo 207 da Constituição Federal de 1988 e estabelece que as universidades devam obedecer ao princípio da indissociabilidade entre ensino, pesquisa e extensão (BRASIL, 1988). Esta é relevante não só para que o conhecimento adquirido na instituição seja repassado, mas principalmente, para que atuação solidária, formação profissional e humana promovam o desenvolvimento de toda sociedade.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

Elaborar material didático sobre o impacto da produção de carvão vegetal no município de Tucuruí estado do Pará.

### 1.1.2 Objetivo Específico

- ✓ Elaborar uma HQ – História em quadrinho sobre o impacto causado pela fumaça e a fuligem, gerada durante o carvoejamento da madeira e formas de minimização dos impactos;
- ✓ Elaborar um Boletim Técnico sobre a qualidade da madeira e do carvão vegetal listando algumas características de qualidade.

## 2. REFERENCIAL TEORÍCO

### 2.1 HISTÓRICO DE CONSUMO DO CARVÃO VEGETAL

O aumento no consumo do carvão vegetal coincide com o crescimento da humanidade. No antigo Egito, era usado para aplicações medicinais e purificação de óleos. Na segunda Guerra Mundial, por ser um material muito poroso e ter capacidade adsorvente, era usado como removedor de gases tóxicos. O carvão era utilizado pelos índios no tratamento de úlceras malignas e tumores, através da mistura às gorduras animais (FONTES, 2004).

O uso do carvão vegetal no Brasil como termorreductor teve início no estado de Minas Gerais, no setor siderúrgico. Sua utilização foi propiciada pela abundante disponibilidade da vegetação nativa e pela ausência de reservas de carvão mineral (GUARDABASSI, 2006).

As siderúrgicas mineiras, na primeira metade do século XX, já eram responsáveis por 90% da produção de ferro-gusa do Brasil, graças a implantação do polo siderúrgico do Vale do Aço, fortificada entre as décadas de 50 e 60. A cobertura florestal nativa era bastante farta em todo o território, até a metade da década de 60, e, por isso, era a principal fornecedora de energia para diversos usos, como na produção de ferro-gusa e aço, atuando como termorreductor (REZENDE e SANTOS, 2010).

O estado de Minas Gerais em 1970 se tornou o maior polo siderúrgico movido a carvão vegetal do mundo, impulsionado pelo uso de madeira reflorestada e da vegetação nativa vinda das regiões do cerrado. Entre 1966 e 1988, o Governo Federal influenciou políticas públicas de incentivos fiscais, auxiliando o surgimento de grandes áreas de plantios florestais, como forma de suprir e reduzir as pressões sobre as matas nativas e sustentar a atividade siderúrgica (REZENDE e SANTOS, 2010).

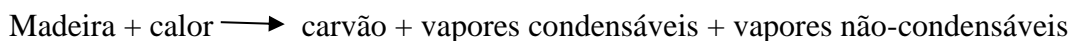
O carvão vegetal possui grande importância econômica para vários setores como nos processos de produção do ferro gusa, ferro-liga e aço, nas indústrias de cimento e materiais primários (TRUGILHO et al. 2005).

### 2.2 CARBONIZAÇÃO

A carbonização, ou pirólise, é o processo de produção do carvão vegetal a partir da lenha, em ambiente desprovido ou com limitação de oxigênio e em temperaturas elevadas (CENBIO, 2002). Neste processo, materiais e resíduos orgânicos decompõem-se originando as

fases sólida (carvão vegetal), gasosa (não condensável) e líquida (fração pirolenhosa) (CAMPOS, 2007).

A pirólise, em termos simples, pode ser representada pela seguinte reação:



### 2.2.1 FULIGEM

A combustão completa é uma reação química na qual os elementos combustíveis se combinam com o oxigênio, liberando energia quando o combustível atinge a temperatura de ignição que ocorre quando há suprimento suficiente de oxigênio. Dependendo da quantidade de gás oxigênio disponível, a combustão pode ser completa ou incompleta (KLAUTAU, 2008).

Na combustão incompleta não há suprimento suficiente de oxigênio para que a combustão aconteça de maneira completa. O carbono irá queimar em oxigênio, no entanto, devido a insuficiência de oxigênio para a reação ocorrer completamente, poderá produzir inúmeros produtos, como monóxido de carbono, água ou a então, fuligem. A combustão incompleta é muito mais comum de ocorrer do que a completa e produz um grande número de subprodutos. Esses subprodutos podem ser muito prejudiciais à saúde humana e ao meio ambiente (FILHO, 2013).

Toda a atividade exercida pelo homem produz resíduos com potencial poluidor, podendo ser líquidos, sólidos ou gasosos. Aqueles lançados na atmosfera podem se apresentar em qualquer uma destas fases e, nas emissões atmosféricas, encontram-se como gases inorgânicos e orgânicos, gases do efeito estufa, compostos orgânicos voláteis e/ou material particulado (KLAUTAU, 2008).

Durante a queima da madeira há produção de poluentes que se dispersam no ar. Dentre estes estão os materiais particulados, também chamados de fuligem, que podem ocasionar diversos problemas à saúde humana. Ao ser emitido, a poluição atmosférica gerada provoca diminuição da visibilidade, reduz a intensidade da luz e propicia até mesmo odores desagradáveis (MOTTA, 2010).

A fuligem, também gerada na combustão da madeira, pode acarretar problemas a saúde daqueles que estão direta ou indiretamente em contato, afetando as vias respiratórias, oftalmológicas e de natureza diversa (DELL'OSSO, 2002).

A fuligem, também conhecida como ‘‘negro de fumo’’ por ser uma partícula muito fina e facilmente transportada pelo ar, consegue atingir várias distâncias, sendo um problema tanto para quem trabalha com carvoejamento, quanto para quem reside próximo às instalações da atividade (CANETTIERI, 2013).

No processo de carbonização além da fuligem, o trabalhador está submetido ao longo de todo o processo a gases tóxicos, produtos volatilizados da queima de biomassa, cinzas e pó do carvão. Os fornos chegam a altas temperaturas que, ao interagir com o calor corporal do trabalhador, leva a uma intensa sudorese, que pode acarretar em desidratação, e até mesmo queimaduras de 1º grau. No entanto, o risco não diz respeito apenas aos trabalhadores, mas representa situação de perigo a população que vive no entorno das carvoarias, devido os particulados liberados pelo processo de carbonização ser facilmente transportados pelo ar, dispersando-se e invadindo residências (CANETTIERI, 2013). Apesar da quantidade ser menor, quando comparado àquela presente nas carvoarias, os particulados estão presentes em roupas estendidas no varal, paredes, chão e no interior das residências, podendo gerar ao longo dos anos, complicações na saúde dos indivíduos.

A fuligem pode acarretar problemas à saúde devido aos compostos químicos inclusos na fumaça (mais de setenta) que, quando em contato com o corpo humano, tem potencial mutagênico, carcinogênico e desregulador do sistema endócrino (LAUPELE et al. 2012).

Estudos realizados por pneumologistas, biólogos e físicos, confirmam que essas partículas na atmosfera, especialmente as finas e ultrafinas, penetram no sistema respiratório provocando reações alérgicas e inflamatórias. As doenças respiratórias aumentam com a umidade, pois os materiais particulados condensam-se no ar, aumentando o risco de obstrução das vias aéreas. Além disso, os poluentes presentes na corrente sanguínea, causam complicações em diversos órgãos (RIBEIRO, 2002).

Para tentar mitigar os impactos causados pela fuligem expelida pelo processo de carbonização, medidas como construção de novos fornos para a produção de carvão vegetal, contendo filtros redutores de fumaça e mecanismos que evitem a exposição dos trabalhadores a elevadas concentrações de poluentes atmosféricos danosos à saúde, são algumas alternativas que os empreendedores poderiam investir.

Implantação de cortinas vegetais, ao redor dos fornos, poderá ser utilizada como alternativa para minimizar os efeitos causados pela fumaça expelida pelos fornos e reter parte

das partículas e poluentes, possibilitando um maior conforto térmico, e melhor qualidade do ar. Cada medida sugerida deverá ser adaptada e utilizada de acordo com a realidade econômica e de produção de cada proprietário, cabendo aos órgãos fiscalizadores, darem suporte aos empreendedores de como cobrar e aplicar cada medida.

## 2.3 QUALIDADE DA MADEIRA E QUALIDADE DO CARVÃO VEGETAL

Diversos fatores estão intimamente relacionados às propriedades finais do carvão vegetal, sendo eles relacionados principalmente as características do processo produtivo e à matéria-prima empregada. Por isso, a avaliação dos parâmetros da qualidade da madeira e da qualidade do carvão vegetal são de extrema importância para averiguação do potencial do material a ser utilizado como insumo energético.

### 2.3.1 Qualidade da madeira

A qualidade da madeira é um fator importante quando se deseja produção de carvão vegetal com baixo custo, alto rendimento e elevada qualidade.

Para se obter madeiras adequadas para fins energéticos, fatores como densidade, umidade, tamanho, composição química e poder calorífico, são alguns critérios de seleção da madeira para a atividade de produção de carvão vegetal.

#### 2.3.1.1 Densidade da madeira

A densidade básica da madeira é considerada um dos parâmetros mais importantes na escolha das espécies florestais utilizadas para produção de energia. Seu valor é obtido por meio da relação entre a massa seca da madeira e o volume saturado, podendo ser expressa em  $\text{g/cm}^3$  ou  $\text{kg/m}^3$ .

Madeira mais densa produz carvão vegetal com maior densidade aparente. Essa característica confere ao carvão maior resistência e maior capacidade calorífica por volume.

A densidade da madeira, aliada a altos teores de lignina, proporciona ao carvão vegetal maior rendimento gravimétrico, elevação no teor de carbono fixo e na densidade aparente (PEREIRA et al. 2000).



### 2.3.1.2 Umidade da madeira

A umidade da madeira tem efeito negativo para produção de carvão vegetal. Madeiras úmidas dificultam o processo de carbonização, devido o vapor de água reduzir a temperatura da área de combustão e a quantidade de oxigênio, retardando a ignição.

O ideal é que a madeira utilizada como combustível apresente baixos índices de umidade, de 12% a 20%, possibilitando aumento da eficiência do combustível e, conseqüentemente, diminuindo os custos com manejo e transporte.

Madeira com alto teor de umidade implica no aumento da friabilidade e, conseqüentemente, perda de resistência mecânica e geração de finos no carvão vegetal (KURAUCHI, 2014).

### 2.3.1.3 Composição química

Os constituintes químicos presentes na biomassa florestal são a lignina, celulose, hemiceluloses (holocelulose), extrativos e cinzas, e seu conhecimento são importantes pois pode direcioná-la de acordo ao uso pretendido (BRAND, 2010).

Dos constituintes presentes na madeira, a lignina é a substância de maior importância para produção de carvão, devido ser o componente da madeira de maior resistência térmica. Cerca de 40% da lignina é convertida em carvão. Teores mais elevados de lignina e extrativos acarretam em carvão com maior densidade e maior resistência (SANTOS, 2010).

No entanto, também não é desejável altos teores de holocelulose, devido sua alta instabilidade à degradação térmica. Entretanto, as ligações existentes na celulose amorfa e nas hemiceluloses, são instáveis e pouco resistentes.

### 2.3.1.4 Poder Calorífico

O poder calorífico é a quantidade de calor liberada na combustão completa de uma determinada quantidade de massa do material combustível.

Possui relação direta com a qualidade do carvão e pode ser avaliado em poder calorífico superior (PCS), inferior (PCI) e útil (PCU). Segundo Cintra (2009) o mais usual em termos de pesquisa e comparação de combustíveis é o PCS.

No PCS a água formada durante a reação entre o hidrogênio elementar da madeira e o oxigênio é condensada, e seu calor latente é recuperado e adicionado à energia mensurada, mostrando o máximo potencial de fornecimento energético da madeira.

Vários são os fatores de contribuem para o aumento do poder calorífico superior, como o aumento do teor de carbono fixo e a redução do teor de materiais voláteis. Segundo Loureiro (2016) quanto maior o teor de lignina e extrativos maior é o poder calorífico.

Durante a carbonização, quanto maior sua temperatura final maior o teor de carbono fixo, menor é o teor de materiais voláteis e rendimento gravimétrico e maior o PCS do carvão.

#### 2.3.1.5 Tamanho das madeiras

O diâmetro e o comprimento das toras são importantes variáveis a serem consideradas na operacionalização e, principalmente, na carbonização da madeira.

Os diâmetros das peças influenciam na distribuição da temperatura e, conseqüentemente, na qualidade do carvão.

O tamanho ideal das peças de madeiras destinadas à carbonização, varia entre 10 a 20 cm. Peças maiores que 20 cm pode resultar em carvão muito quebradiço e, peças menores que 10 cm, dificultam o arranjo dentro dos fornos de carbonização, aumentando o custo de mão-de-obra.

#### 2.3.2 Qualidade do carvão vegetal

Assim como a qualidade da madeira, a do carvão vegetal tem grande importância.

Garantir um bom produto, bem como sua qualificação, é um dos principais aspectos para sua aceitação no mercado, e no caso do carvão vegetal, depende de fatores como densidade relativa aparente, rendimento gravimétrico, teor de carbono fixo, teor de cinzas, teor de materiais voláteis, etc.

##### 2.3.2.1 Densidade relativa aparente

A densidade do carvão é afetada pela matéria-prima que o originou e pelo processo de carbonização, como a temperatura final e a taxa de aquecimento do processo.

Segundo Gomes e Oliveira (1982), a densidade do carvão afeta diretamente as suas propriedades, podendo variar em função da granulometria e da presença de trincas.

Menor densidade do carvão vegetal tem como consequência uma menor utilização do volume no alto-forno.

Para uso siderúrgico, a densidade do carvão vegetal deve ser a maior possível, pois garantirá um carvão menos friável e quebradiço, com maior poder calorífico e ocupará menor espaço dentro dos auto-fornos (PIMENTA E BARCELOS, 2000).

#### 2.3.2.2 Rendimento Gravimétrico

Rendimento gravimétrico refere-se à massa final de carvão que é obtido em relação à massa de madeira que foi enfiada. Em resumo é o rendimento da carbonização dado em percentual.

Para produção energética, deseja-se obter alto rendimento gravimétrico e maior produção de carvão vegetal nos fornos de carbonização. Madeiras com alta estabilidade térmica, são ideais para se obter tal característica.

A taxa de aquecimento e a temperatura final de carbonização, também são características muito importantes no processo de carbonização.

De acordo com Vella et al. (1989), taxa de aquecimento maiores ocasiona menores teores de voláteis, densidade aparente e conseqüentemente menores rendimento em carvão. No entanto, para teores de carbono fixo e cinzas, maiores taxas de aquecimento, acarretam no aumento desses volumes.

Esse comportamento ocorre devido estar relacionada com a rápida eliminação dos gases gerados no leito de carbonização quando a velocidade é maior.

#### 2.3.2.3 Teor de carbono fixo

O teor de carbono fixo é a quantidade de carbono presente no carvão, ou seja, refere-se à fração de carvão que se queima no estado sólido. Combustíveis com teores mais elevados de carbono fixo são preferíveis, pois queimam mais lentamente.

Para ser utilizado na fabricação de aço e ferro-gusa é desejável que o teor de carbono fixo presente no carvão vegetal seja maior que 75%. Essa quantidade contribui para o aumento da produtividade dos auto-fornos (BRAND, 2010).

O teor de carbono fixo depende, principalmente, do teor de materiais voláteis, pois combustíveis com teores de carbono fixo alto e teores de materiais voláteis baixos, é mais propício a ser utilizado como fonte de energia para determinada atividade energética, pois queimam mais lentamente (NOGUEIRA e LORA, 2003).

#### 2.3.2.4 Teor de Cinzas

As cinzas são resultados da combustão da biomassa, processada em altas temperaturas, e correspondem a substâncias inorgânicas que não entram em combustão. Algumas espécies possuem, principalmente na casca, teores elevados de cinza.

Assim como a umidade, o teor de cinzas também interfere no poder calorífico causando perda de energia, além de prejudicar a transferência de calor.

Quanto maior a quantidade de materiais minerais (cálcio, magnésio, fósforo e silício) na madeira, maior a produção de cinzas no carvão. São indesejáveis para uso energético, principalmente para o setor siderúrgico, pois os minerais podem causar sérios problemas no aço produzido.

Os minerais presentes no carvão ao serem queimados em caldeiras, fornalhas, etc. podem formar incrustações nos equipamentos e tubulações. Na produção do ferro-gusa, presença de cinzas, pode ocasionar o fenômeno da segregação, com formação de trincas e fissuras (COTTA, 1996).

#### 2.3.2.5 Teor de materiais voláteis

Os materiais voláteis são responsáveis por determinar a facilidade com que a madeira queima. Podem ser definidos como as substâncias desprendidas da madeira na forma gasosa durante a queima ou carbonização.

O teor de materiais voláteis pode afetar a estrutura do carvão vegetal, pois a porosidade, o diâmetro médio dos poros, a densidade e demais características físicas do carvão podem ser alterados pela eliminação dos voláteis (OLIVEIRA et al. 2006).

Os voláteis interferem de forma significativa na ignição, sendo que quanto maior o seu teor, maior é sua reatividade e conseqüentemente, ignição. Quando desprendidos, estes misturam-se com o oxigênio do ar e entram em combustão (KLAUTAU, 2008).

Ressalta-se que o teor de materiais voláteis não determina somente a facilidade de ignição, mas também proporciona a estabilidade da chama e a velocidade de combustão. Um alto teor de voláteis facilita tanto a ignição quanto a combustão (ARANTES, 2009).

#### 2.4 PROCESSO DE PRODUÇÃO DO CARVÃO VEGETAL.

Segundo BRITO (1990), de acordo com a origem do calor, os processos de produção do carvão vegetal podem ser classificados em sistemas com fonte interna de calor, ou por combustão parcial, e sistemas com fonte externa de calor.

No Brasil, praticamente todo o carvão vegetal gerado é adquirido pelo processo de fonte interna de calor. Estes são caracterizados por serem mais largamente difundidos em países em desenvolvimento e por serem predominantemente artesanais, com baixo custo de instalação e manutenção.

O princípio básico desse processo é dispor a lenha da madeira no interior do forno, podendo variar de tamanho, forma, números de baianas e “tatus”. Os fornos são construídos em alvenaria por meio de tijolos assentados por barros, resultante da mistura de argila e barro.

Os processos com fonte externa de calor possibilitam a conversão máxima de toda a madeira em carvão vegetal, resultando em um maior rendimento gravimétrico médio de 30%. O calor, nestes fornos, é fornecido a partir de uma câmara externa.

A condução da carbonização neste processo é realizada por meio do controle da combustão na câmara, sem necessidade de perfurações para a entrada de ar no corpo do forno. Os gases são expelidos pela chaminé e sua coloração e volume servirão para auxiliar a operação do forno.

#### 2.5 TIPOS DE FORNO DE CARBONIZAÇÃO

Dentre os tipos de fornos para a fabricação do carvão vegetal, têm-se os fornos de alvenarias e os fornos tecnológicos.

### 2.5.1 Alvenaria

Os fornos de alvenaria são os mais utilizados tradicionalmente e são controlados de acordo com a experiência de quem os opera. Normalmente, o carvoeiro utiliza como técnica de controle da quantidade de carvão produzido, fatores como cheiro, volume da fumaça, cor e temperatura do forno.

Neste caso, o controle é feito através do toque com as mãos, apalpado o forno. Normalmente, os valores pagos aos funcionários desse método, são baixíssimos, priorizando a grande produtividade volumétrica e monetária.

Os tipos de fornos de alvenaria e suas principais características são:

- ✓ Rabo-quente: No Brasil é o forno mais comum e mais utilizado. Possui como principal característica, várias fissuras para entrada de ar e seu rendimento gira em torno de 20 a 25%, podendo chegar a 30%.
- ✓ Forno Colmeia (de superfície): É o forno mais utilizado em indústrias de ferro gusa. Esses fornos possuem tecnologia arquitetônica favorável, com rendimento em torno de 25 a 30%, podendo chegar no máximo a 35%.
- ✓ Forno de Encosta: São fornos que utilizam as encostas da inclinação do relevo para a sua construção. Também possuem rendimento em torno de 25 a 30%, podendo chegar a 35%.
- ✓ Forno Mineirinho: é uma versão melhorada do rabo-quente, no entanto, possui somente uma chaminé e um tatu. Isso possibilita o aumento o controle do processo de carbonização. Seu rendimento é de 30 a 35%, podendo chegar a 40%.
- ✓ Forno retangular: fornos implantados visando a mecanização ou semi-mecanização do processo de produção do carvão vegetal. Devido sua dimensão, possui capacidade de carbonização de lenha variável, podendo atingir até 100m<sup>3</sup> de carvão.

### 2.5.2 Tecnológicos

Os fornos tecnológicos são fornos que procuram garantir condições ótimas de carbonização, realizando controle sobre a produção através de medições de umidade, massas e temperaturas, evitando a queima da carga e possibilitando maior rendimento.

Os tipos de fornos tecnológicos e suas principais características são:

- ✓ Forno DPC: são fornos com carbonização executada na ausência de ar e em atmosfera controlada. Os produtos da carbonização são de fácil combustão e possuem alto poder calorífico. Possui sistema chamado roll-on de carga e descarga que facilita o trabalho, possuindo processo mecanizado e facilitador.
- ✓ Retorta Contínua Acesita: retorta de carbonização contínua. Possui capacidade de 15 t/dia, tempo de carbonização total de 6 horas e tempo de resfriamento entre 3 a 4 horas. A retorta oferece rendimento médio de 34%, podendo variar entre 30 a 40%.
- ✓ Carboval V&M 2009: possui carbonização contínua, com capacidade de produção de 7.500 t/ano. Possui sistema Lambiotte Premery e é uma das produtoras de carvão mais caras, custando milhões de dólares. Oferece rendimento de 30 a 40%.

## 2.6 PRINCIPAIS SUBPRODUTOS DA CARBONIZAÇÃO

Doat e Briane (1985 citados por Brito 1990, p.4) afirmam que a temperatura de conversão da madeira em carvão, em condições laboratoriais, é de aproximadamente 500 °C, sendo que apenas 31% dessa madeira é transformada em carvão vegetal e os outros 69%, formam os produtos voláteis. Deste percentual, 28% corresponde aos gases não condensáveis, formados por hidrocarbonetos, hidrogênio, dióxido de carbono e monóxido de carbono, e os 72% restantes correspondem aos gases condensáveis, formados pelos resíduos orgânicos e vapor d'água, constituídos por diversas substâncias aromáticas e fenólicas, aldeídos, piche, breu, metano e ácido acético.

O alcatrão vegetal, também conhecido como breu cru, é obtido por meio da condensação dos gases que são produzidos durante o processo de carbonização vegetal.

A destilação fracionada é a etapa inicial para a recuperação dos produtos químicos por meio do alcatrão vegetal. Geralmente, separam-se quatro frações e um resíduo denominado piche vegetal. Com a temperatura de vapor dos destilados são realizados os cortes de destilação, e os rendimentos médios adquiridos em cada separação.

Do condensado, o alcatrão é a parte negra e oleosa, apresentando maior viscosidade e densidade que o licor pirolenhoso, separados pela simples decantação e destilação. O alcatrão pode ser utilizado para diversos fins como produção de solventes, tintas e vernizes, preservativos de madeiras, geração de vapor, para fins químicos e farmacêuticos, iluminação, eletricidade e etc. Além dessas utilidades, o alcatrão quando misturado com os finos do carvão pode ser usado em caldeiras (PINHEIRO, 2009).

Do líquido condensado, obtido a partir da condensação da fumaça, a parte aquosa e marrom é representada pelo licor pirolenhoso, o qual é composto por cerca de 80% de água e 20% de ácido acético, acetona e metano. O licor pirolenhoso é bastante utilizado na agricultura orgânica por agir como defensivo natural e aumentar a absorção de nutrientes pelas plantas, além de possuir baixo risco de toxidez tanto para o agricultor quanto para o consumidor final.

O ácido acético é usado principalmente na produção de pigmento branco e indústrias químicas, sendo utilizado também em plásticos, filmes, pele artificial, indústrias de inseticidas, solventes, etc. Já o metano utiliza-se geralmente na produção de vernizes e lacas, resinas sintéticas e formaldeído.

## 2.7 PRINCIPAIS USOS DO CARVÃO VEGETAL E DISTRIBUIÇÃO POR SETOR

A produção brasileira de carvão vegetal é destinada a inúmeros segmentos da indústria como metalúrgicas, siderúrgicas, cimento, para uso residencial, comercial, e agropecuário. No entanto, é no setor siderúrgico a principal utilização (BRITO, 1990).

O carvão vegetal é utilizado no setor residencial para a cocção de alimento e aquecimento e, no comércio, para o aquecimento de água e ambientes, preparação de alimentos em pizzarias, padarias e churrascarias. No setor agropecuário, o carvão é empregado na geração de energia térmica para aquecimento de granjas e aviários e secagem de grãos (FREDERICO, 2009).

O carvão vegetal é utilizado como termorreduzidor no setor siderúrgico para produção de ferro metálico, sendo que quase a totalidade de sua produção é voltada ao consumo interno.

De acordo com o Balanço Energético Nacional (2015) as indústrias de ferro gusa, ferro-liga e aço são responsáveis pelo consumo de 84% do carvão vegetal, nos últimos 20 anos, enquanto o setor residencial e setor comercial por 8,3 % e 1,1%, respectivamente. O consumo de carvão vegetal pelo setor industrial é de  $10^3$  tep ( $5241 \times 10^3$  tep), seguido dos setores residencial ( $740 \times 10^3$  tep), comercial ( $141 \times 10^3$  tep) e agropecuário ( $13 \times 10^3$  tep).

## 2.8 PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL NO ESTADO DO PARÁ

No final do século XIX, o Estado de Minas Gerais já era responsável pela concentração quase que exclusiva da produção de ferro gusa para as siderúrgicas. No entanto, devido a



necessidade de redução de custos das indústrias, em relação a distância do transporte do minério e melhor aproveitamento dos recursos, se fazia necessário a concentração de siderúrgicas em outras regiões, ocorrendo assim a necessidade de deslocamento da produção guseira, em direção a Amazônia Oriental (CARNEIRO, 2008).

A atividade de carvoejamento na Amazônia oriental, o qual o estado do Pará faz parte, teve início na década de 1980, sendo impulsionada pela aceleração do desenvolvimento industrial a partir da implantação de políticas públicas. Para acelerar e desenvolver o setor industrial, criou-se projetos e programas direcionados a exploração do potencial mineral presente na Amazônia Oriental, como o Programa Grande Carajás – PGC, o qual passou a incentivar e coordenar o surgimento de várias indústrias (MONTEIRO, 1998).

O PGC é um projeto de exploração mineral das áreas mais ricas de minério do mundo pela antiga Companhia Vale do Rio Doce – CVRD, atual Vale, sendo constituída pelas siderúrgicas localizadas no estado do Pará e Maranhão. Das várias finalidades que possui, a produção de carvão vegetal no cenário Amazônico é utilizada especialmente para atender as indústrias siderúrgicas presentes no programa, onde o carvão vegetal é usado para a produção de ferro-gusa e outros minérios presentes na região.

Segundo Vital e Pinto (2011), os principais polos produtores e consumidores de carvão vegetal no país estão localizados no Estado de Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Pará, Maranhão e Espírito Santo.

O Estado do Pará, considerado um dos maiores produtores de carvão vegetal, no ano de 2014 apresentou-se como o sexto maior produtor de carvão proveniente do extrativismo, com aproximadamente 13200 toneladas de carvão produzidas no município de Itupiranga. Cerca de 1,3% do total de carvão 1.021.062 t (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2015).

De acordo com os dados da EPE (2015), ainda em 2014, ocorreu uma diminuição no uso do carvão vegetal pelas indústrias que o utilizavam, podendo estar relacionado, de acordo com estudos de Filgueiras et al. (2008), com a insustentabilidade do uso do carvão vegetal, sendo essas empresas e a expansão das atividades agropecuárias, consideradas responsáveis pelo desmatamento da floresta tropical, realização de atividades ilegais como trabalho escravo e ausência de comprovante de origem do carvão utilizado nos fornos para queima.

Segundo estudos realizados por Carréra et al. (2016), os dez municípios que se destacaram, no estado do Pará, por serem expressivos em relação a quantidade produzida de carvão vegetal foram Itupiranga, Marabá, Tailândia, Parauapebas, Moju, São Geraldo do Araguaia, Jacundá, Tucuruí, Abaetetuba e São João do Araguaia. Além disso, dos 144

municípios pertencentes ao estado do Pará, os dez municípios citados, foram escolhidos por possuírem maior quantidade de carvão vegetal produzido e por possuírem informações na base de dados do IBGE em todos os anos entre 1990 a 2014.

Vale ressaltar que vários trabalhos referentes a dinâmica do carvoejamento no estado do Pará, como dos autores Amaral (2011) e Carréra et al. (2016), apresentaram dificuldade para serem realizados, devido a incompatibilidade e contradição presente nas fontes de dados disponíveis no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e na Secretaria Estadual de Meio Ambiente - SEMA sobre a real quantidade produzida pelos municípios. Enquanto o IBGE indica que em alguns municípios desde 2008, não se apresenta mais produção de carvão vegetal, a Secretaria Estadual de Meio Ambiente mostra que a atividade diminuiu, no entanto continuam produzindo.

A incompatibilidade e contradição de informações presentes nos dados dos dois órgãos deixa clara a falta de conhecimento, fiscalização e controle da atividade pelo Estado, apontando para a produção ilegal do carvão tanto nas siderúrgicas quanto nas carvoarias.

## 2.9 IMPACTOS DA PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL

Dentre os problemas relacionados a produção de carvão vegetal no Brasil, um dos mais significativo, refere-se à matéria-prima. A devastação de florestas nativas por meio do desmatamento, a poluição do ar por meio de emissão de fumos, gerada pelos fornos primitivos, constituem considerável fonte de contaminação e poluição ambiental (SANTOS e HATAKEYAMA, 2012).

Além dos danos ambientais, há também os danos sociais enfrentados tanto pelos trabalhadores das carvoarias, quanto pela população submetida direta e indiretamente aos impactos da atividade.

Os trabalhadores sofrem com problemas ligados as precárias condições de trabalho, exploração de mão de obra, má remuneração e insalubridade.

O estado do Pará é uma das regiões em que os índices de violações típicas à dignidade do ser humano e ao uso da mão de obra em condições análogas à escravidão repetem-se frequentemente. Situações como condições precárias de moradia e higiene, falta de água potável, jornada exaustiva de trabalho, ausência de registros em carteira de trabalho e salários baixíssimos ou nenhum, são algumas das situações desumanas e abusivas enfrentadas pelos trabalhadores (OJETA, 2014).

A população que reside no entorno destas carvoarias são submetidas a poluição das áreas urbanas geradas pela grande quantidade de fumaça e partículas suspensas, liberadas pelos fornos, e problemas respiratórios, irritações nas vistas, dores de cabeça, mutilações, queimaduras, dentre outras, são alguns dos problemas de saúde gerados pela emissão dos poluentes por parte das siderúrgicas e carvoarias (GEDIEL et al. 2006).

A tecnologia empregada para produção de carvão vegetal, na maioria das vezes continua sendo a mesma realizada há séculos atrás. A atividade emprega tecnologia primitiva, não há controle operacional de carbonização dos fornos, o que resulta na baixa eficiência do processo. Além disso, há emissão de milhares de toneladas de componentes químicos por meio dos gases liberados pela queima (BRITO, 1990).

## 2.10 FORMAS DE MITIGAÇÃO DOS IMPACTOS CAUSADOS PELA PRODUÇÃO DO CARVÃO VEGETAL

Os impactos e poluição atmosférica são bastante expressivos nas regiões produtoras de carvão vegetal. Por esse motivo, formas e mecanismo de mitigação, são essenciais para a minimização dos problemas gerados por essa atividade.

O Conselho Municipal Agropecuário de Brochier - RS, em 2000, debateu a proposta de implantação de sistemas de coleta de fumaça e de produção de extrato pirolenhoso nos fornos, visando diminuir os impactos causados pela produção de carvão vegetal. O projeto contribuiu não só para um carvão mais “limpo”, com redução de fumaça lançada para o meio, como também no aproveitamento dos gases condensáveis, utilizado pelos agricultores no controle e prevenção de insetos, em várias culturas (ENCARNAÇÃO, 2001).

O planejamento e controle do funcionamento dos fornos de carvão vegetal e implantação de filtros, para diminuição de fumaça, foram propostas citadas por agricultores e colaboradores do município de Brochier. Essas medidas são extremamente significantes no que diz respeito à emissão de poluentes para a atmosfera, melhorando a qualidade de vida de quem trabalha diretamente com essa atividade, como de toda população local (ENCARNAÇÃO, 2001).

A adoção de técnicas que levam em conta formas de aproveitamento e recuperação de subprodutos, poderá valorizar ainda mais a madeira como matéria prima. Todavia, as respostas tecnológicas para a maioria desses pontos estão disponíveis, o que falta são estratégias de incentivo para o setor (BRITO, 1990).

## 2.11 AÇÕES EXTENSIONISTAS

O princípio da indissociabilidade entre ensino, pesquisa e extensão, apregoado na Carta Magna de 1988, em seu artigo 207 foi declarada, exibindo a necessidade da universidade em dialogar com a sociedade, compreendendo suas necessidades, buscando soluções e devolvendo a elas resultados (BRASIL, 1988).

A extensão é um mecanismo da aprendizagem que está anexada, indissociavelmente, ao ensino e à pesquisa. Ela é a realização da prática universitária, que leva para a sociedade todo o conhecimento gerado na relação professor e aluno. De certa forma, a extensão é o diálogo entre a universidade e a sociedade, onde a universidade desempenha função social, construindo conhecimento e transmitindo-a como forma de desenvolvimento da sociedade (GOULART, 2004).

A pesquisa e a extensão, enquanto atividades essenciais para o ensino, precisam estar direcionadas para a produção do conhecimento, pois estarão gerando cidadãos conscientes, capazes de absorver o conhecimento recebido e transmiti-lo (DE OLIVEIRA; DE ALMEIDA JÚNIOR, 2015).

A elaboração de material didático como ferramenta de ensino, pode ser uma importante aliada para a transmissão de conhecimento em projetos extensionistas.

O material didático utilizado para transmitir conhecimento, precisar ter algumas especificidades, como por exemplo, está de acordo com as características do aluno, do conteúdo e dos objetivos. A metodologia usada por quem transmitirá o conhecimento contido no material didático, também precisar ser modificado, explorando o potencial que as tecnologias de informação e comunicação possuem (LEONARDO, 2013).

Quanto maior a diversidade do material didático, maior é a chance de o conhecimento ser transmitido e absorvido, pois maior será a aproximação às diferentes realidades do aprendiz e dos diferentes estilos de aprendizado. O Material didático, além de ter textos para leitura, deve conter também recursos audiovisuais como efeitos de computação gráfica, vídeos, ilustrações animadas, dramatização, entre outros (PASSOS; BARBOSA, 2009).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 ÁREA DE ESTUDO

O estado do Pará possui extensão territorial igual a 1.247.954,320 km<sup>2</sup>, o que equivale a 15% do território nacional. Possui grande potencial madeireiro, no entanto, a exploração florestal em muitos municípios é realizada na maioria das vezes, de forma desordenada e inconsciente, o que reflete o fracasso de inúmeras políticas públicas envolvendo a atividade de carvoejamento.

O município de Tucuruí localiza-se no centro leste do Pará a aproximadamente 280 km de Belém, capital do estado. Possui coordenadas geográficas: 3° 43'00'' de latitude sul, 49° 43' 00'' de longitude oeste, com uma altitude de 41 m (RIBEIRO, et al. 2014).

A cobertura vegetal do município apresenta-se como primitiva, principalmente nas reservas florestais das fazendas. Estas vegetações são típicas da região Amazônia, com a presença de Ombrófila densa, dotada de espécies vegetais com alto valor comercial, as quais estão sendo gradualmente substituída por áreas de cultivo e pastagens (RIBEIRO, et al. 2014).

A economia de Tucuruí desenvolve-se nos setores primário, secundário e terciário. No entanto, é o setor primário que a economia do município se destaca. Nesta a economia é voltada para a pesca, pecuária, agricultura, indústria de leite, extração de argila, madeira, areia e couro, e exportação de madeiras. (CIDADE DE TUCURUÍ, 2015).

No município existe a extração de madeira de lei, as quais são exportadas para a Europa, América do Norte, África e Ásia. Já os resíduos da madeira, são utilizados para a produção de carvão vegetal, na ordem de três mil toneladas/ano. Há também a extração, em menor escala, de frutas como castanha-do-pará, pupunha, babaçu, açaí, e outros, destas uma parte são consumidas pelo mercado interno e outra exportadas (CIDADE DE TUCURUÍ, 2015).

O trabalho foi elaborado e direcionado para o município de Tucuruí devido o mesmo apresentar fornos de carvão irregulares, construídos próximos as residências e por gerar problemas de saúde a população pela alta incidência de fumaça e fuligem.

#### 3.2 PROCEDIMENTOS

Como forma de transformação do conhecimento técnico científico, associado ao lúdico, em conhecimento útil e de fácil aprendizado. A metodologia proposta envolveu quatro etapas ou propostas.

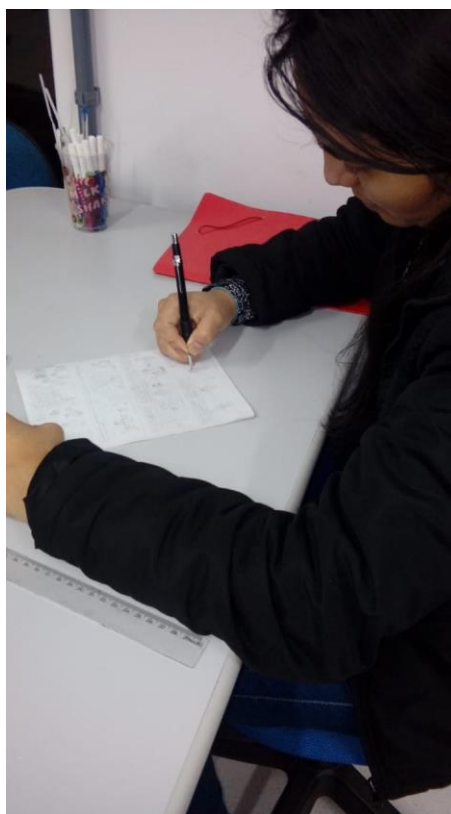
#### Proposta 1

O trabalho, num primeiro momento, foi realizado através de revisões bibliográficas, consulta a artigos e periódicos especializados na área, livros e meios eletrônicos.

Esta etapa foi de grande importância para obter informações relevantes sobre a temática de interesse, servindo de base para o desenvolvimento das propostas seguintes.

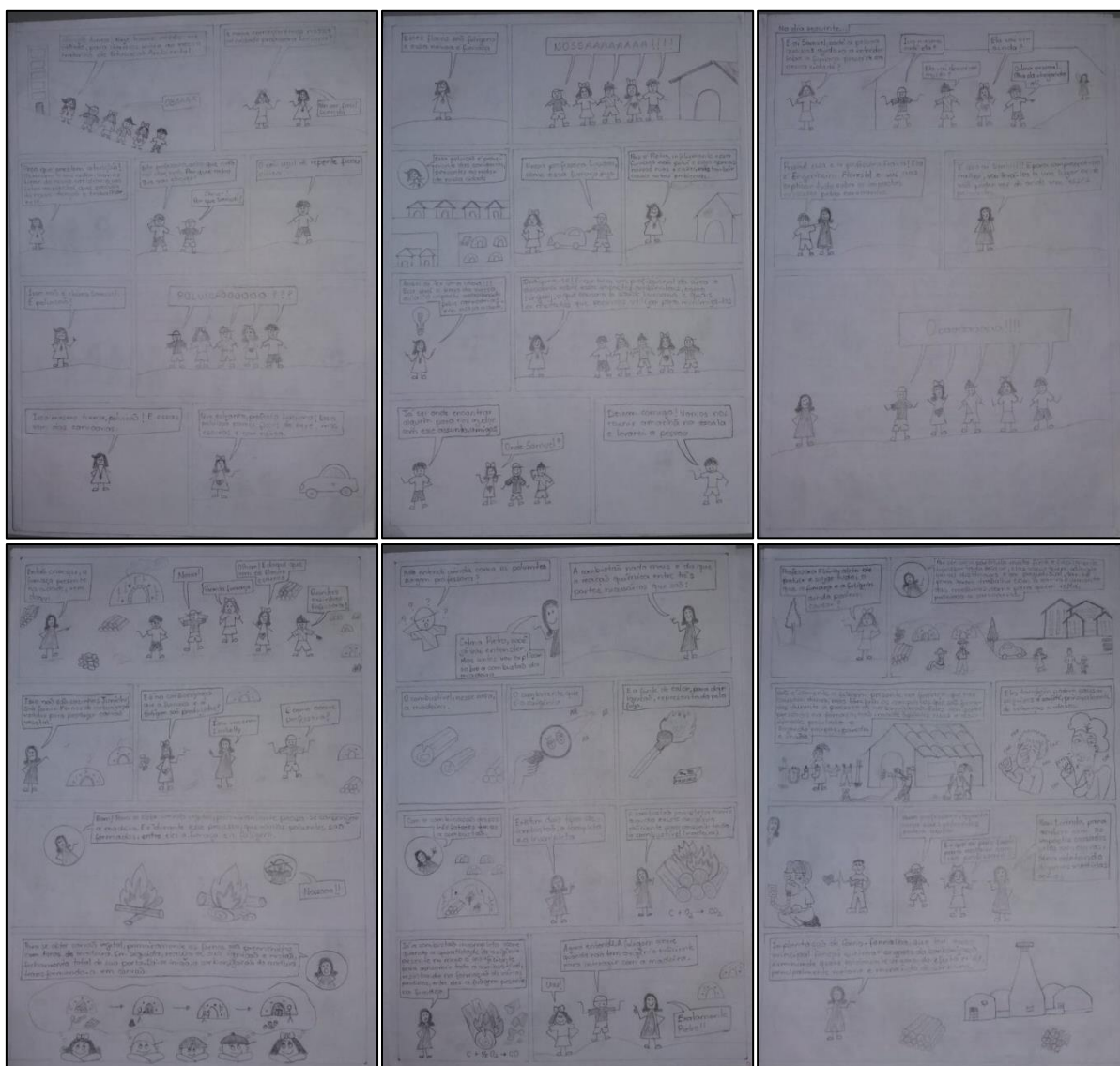
#### Proposta 2

Todos os desenhos presentes no esboço da HQ foram feitos pela própria autora do trabalho, baseando-se no assunto abordado e observações realizadas em meio eletrônico (Figura 1). Os meios eletrônicos contribuíram para que detalhes mais próximos da realidade pudessem ser expressos conforme a realidade das carvoarias.



**Figura 1** – Realização da laboração do esboço da HQ sobre carvão vegetal.  
Fonte: A autora, 2018.

O primeiro esboço da HQ foi elaborado com lápis 2B, em folha A4. Tanto as ilustrações, quanto os diálogos e personagens foram criados simultaneamente, tentando o máximo possível adicionar linguagem simples e objetiva, com o intuito de expressar as situações cotidianas de quem reside próximo as carvoarias e, principalmente, de quem trabalha nestes locais (Figura 2).



**Figura 2** - Esboço da HQ sobre carvão vegetal.  
Fonte: A autora, 2018.

Concluído o esboço das cenas e quadrinhos criados previamente, foi feita a confecção gráfica da HQ, com o auxílio de um profissional de desenho. A parte gráfica foi uma etapa de extrema importância, pois deram forma e cor as ilustrações, acrescentando detalhes mais próximos da realidade.

Vale ressaltar que a HQ mesmo possuindo na maioria das vezes diálogos com linguagem simples e objetiva, foi criada direcionada ao público acadêmico, pois como se trata de parte de um material didático voltado ao ensino e conhecimento, acredita-se que os mesmos não terão tanta dificuldade de compreensão da temática proposta.

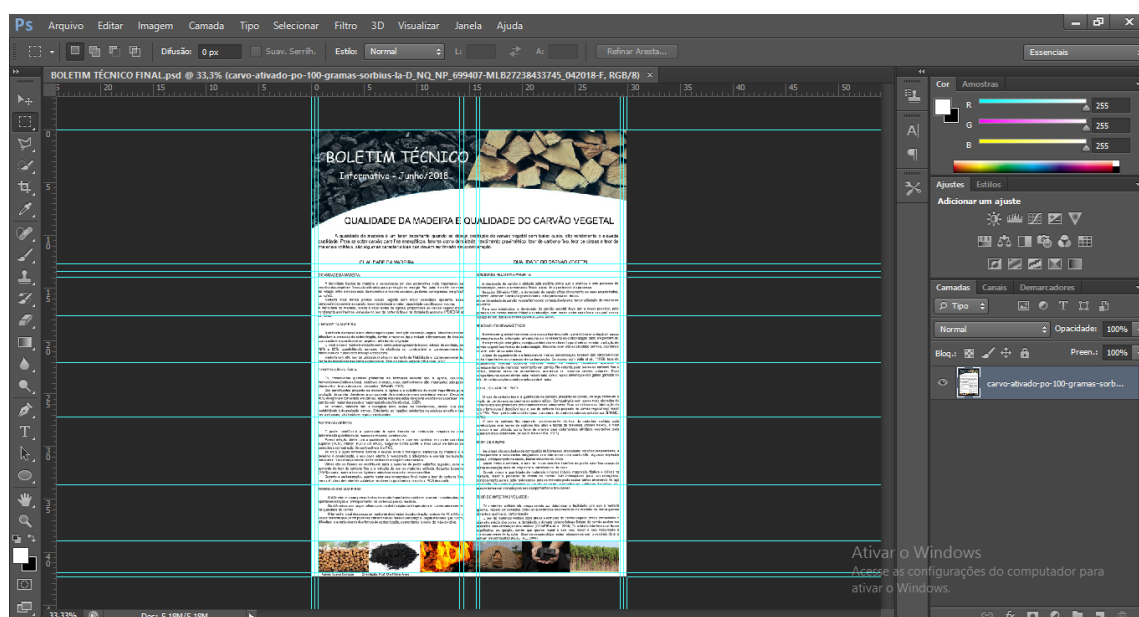
### Proposta 3

Foi elaborado um Boletim Técnico também voltado ao público acadêmico. No entanto, o mesmo apresenta linguagem mais técnica sobre carvão vegetal.

As informações contidas no Boletim foram obtidas a partir de artigos e periódicos especializados na área. Neste, foram descritas as principais características da madeira para produção do carvão vegetal, como densidade, umidade, composição química, poder calorífico e tamanho das madeiras e também do carvão vegetal produzido como densidade relativa aparente, rendimento gravimétrico, teor de carbono fixo, teor de cinzas e teor de materiais voláteis.

Após realizar no Microsoft Word® a sintetização das principais características da qualidade da madeira e do carvão vegetal, foi feito um esboço em folha A4 de como as informações e ilustrações ficariam dispostas no boletim.

As edições dos textos e ilustrações foram feitas através do software Adobe Photoshop®. O Software foi uma excelente ferramenta para a digitalização e arte final do boletim (Figura 3).



**Figura 3** - Criação e edição do boletim técnico no software Adobe Photoshop®.

Fonte: A autora, 2018.



A elaboração de um boletim técnico se fez necessário, para mostrar que os meios de pesquisas, estão atentos quanto aos fatores que podem contribuir para se obter um produto com alta qualidade. A produção do carvão vegetal, mesmo sendo um grande agente poluidor, possui significativa importância para a sociedade, por isso, que estudos e pesquisas sobre a qualidade da madeira e do carvão vegetal são importantes, pois assim, pode-se trabalhar em cima dos problemas encontrados em determinada característica e solucioná-las quando possível.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 HISTÓRIA EM QUADRINHO - HQ

A HQ buscou transformar informações técnico científicas em uma linguagem acessível e que proporcione reflexões ao leitor. Para isso, elaboraram-se os diálogos e os desenhos sobre a temática proposta, representando o cenário cotidiano das pessoas que residem próximas às regiões produtoras de carvão vegetal (Figura 4).



**Figura 4** - Página 1 da HQ “Carvão Vegetal”, mostra as crianças identificando um problema ambiental comum na cidade.

Fonte: O autor, 2018.

(Página 1)

#### Quadro 1:

Professora Luciana: Atenção turma! Hoje trouxe vocês na cidade, para darmos início ao nosso trabalho de educação ambiental.

Luanda: E como começaremos nossa atividade, professora Luciana?

#### Quadro 2:

Professora Luciana: Vai ser fácil Luanda. Observem ao seu redor. Vamos tirar do nosso cotidiano um fator ambiental que precisa da nossa atenção e trabalhar nele.

#### Quadro 3:

Samuel: Eita professora, acho que não vai dar não. Porque acho que vai chover! O céu de repente ficou cinza.

#### Quadro 4:

Professora Luciana: Isso não é chuva, Samuel. É poluição! E essa vem das carvoarias.

Samuel: Poluição?

A escolha pelos personagens infantis para identificar o problema se deu, devido as mesmas possuírem algo que muitos adultos perderam no decorrer dos anos, que é se importar com o seu redor e, principalmente, ter curiosidade com problemas identificados. Crianças possuem curiosidade e percepção aflorada, se desafiando a saberes e descobertas.

De acordo com Henrique (2014, apud Antônio, 2009) o olhar de uma criança em relação ao universo é muito diferente do olhar de um adulto, pois a criança vive, sente e se deixa conhecer. Se não fosse a imaginação, não haveria conhecimento, nem elaboração ativa de dados, nem interpretação e tão pouco construção de teoria.

A situação apresentada na Figura 5 retrata a típica realidade de algumas pessoas. Há casos em que as mesmas se deparam no cotidiano com problemas ambientais, todavia não sabem de onde os mesmo são provenientes.



**Figura 5** - Página 2 da HQ, mostra a professora explicando de onde vem os impactos identificados e o que ocasiona.

Fonte: O autor, 2018.

(Página 2)

**Quadro 5:**

Professora Luciana: Esses “flocos” são fuligens e essa névoa é fumaça.

Todos os alunos: Nossaaaaaaa!!!

**Quadro 6:**

Professora Luciana: Essa poluição é proveniente das carvoarias, presentes ao redor de nossa cidade.

Pietro: Nossa professora, como essa fumaça suja!

**Quadro 7:**

Professora Luciana: Infelizmente essa fumaça não polui e suja apenas nossas ruas e casas, mas também causa outros problemas.

Observa-se na página 2 da HQ, a preocupação da professora Luciana, quanto aos efeitos que a atividade de carvoejamento ao redor da cidade provoca. A produção de carvão vegetal é uma atividade altamente poluidora, que libera para a atmosfera grande quantidade de gases poluentes.

Devido a demanda de carvão vegetal pelos setores residenciais, comerciais, agropecuários e industriais para abastecer determinadas regiões, faz-se necessário a instalação das carvoarias em municípios detentores de considerável reserva de matéria-prima (madeira).

Por serem próximas as estradas e florestas, muitas das vezes, as instalações são realizadas próximas as cidades que, conseqüentemente, gera inúmeros problemas ao meio ambiente e a saúde humana.

Segundo Dos Anjos Ramos et al. (2006), para facilitar a exploração madeireira e o transporte dos mesmos, a abertura de estradas se faz necessária para os madeireiros, para abastecer a reserva de matéria-prima, fornecida a serrarias e carvoarias. De acordo com os mesmos autores, a instalação de carvoarias próximas aos espaços urbanos causa grande caos, e deu como exemplo, um município pertencente ao estado do Pará, Jacundá.

O município possuía todas as serrarias e carvoarias instaladas dentro da área urbana, expondo a população a fumaças e partículas provenientes da carbonização. A localização prematura das carvoarias próximas as madeiras, foi pensada com o intuito de garantir viabilidade econômica do carvão produzido

Segundo Oliveira et al, (1982), a madeira ao ser queimada além de formar carvão vegetal, gera na fumaça liberada mais de 213 composto já identificados.

Para Ferreira (2000), o processo de carbonização é responsável por liberar para a atmosfera gases de efeito estufa como metano (CH<sub>4</sub>), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO), hidrogênio (H<sub>2</sub>), etano (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>) e outros hidrocarbonetos.

Durante a produção de carvão vegetal, de toda a madeira enfiada para queima, apenas 30% é convertida em carvão, o restante é liberada em forma de gases para a atmosfera, aumentando a concentração de gases poluentes, altamente prejudiciais (SENA et al. 2014).

Sabe-se que a produção de carvão vegetal é uma atividade que pode ocasionar tanto problemas ambientais, quanto sociais, por isso, sua compreensão se faz necessária. A disponibilidade de conhecimento sobre a mesma, encontra-se disponíveis, seja por meios eletrônicos ou físicos.

Profissionais da área e especialistas inclui-se no meio físico, possibilitando a disponibilidade de conhecimento mais amplo e específico no que se diz respeito aos inúmeros impactos ocasionados pelas carvoarias (Figura 6).



**Figura 6** - Página 2 da HQ, mostra a professora propondo aos alunos que encontre um profissional que possa lhes explicar tudo sobre os impactos ocasionados pelas carvoarias.

Fonte: O autor, 2018.

#### **Quadro 8:**

Professora Luciana: Acabei de ter uma ideia! Esse será o tema da nossa aula: “O impacto ambiental ocasionado pelas carvoarias em nossa cidade!”.

#### **Quadro 9:**

Professora Luciana: Dediquem-se! Encontrem um profissional da área e discorra sobre esses impactos ambientais, como surgem, o que causam à saúde humana e quais os métodos que podemos utilizar para minimizá-los.

**Quadro 10:**

Samuel: Já sei onde encontrar alguém para nos ajudar com esse assunto, amigos. Deixem comigo! Vamos nos reunir amanhã de manhã na escola e levo a pessoa.

Figueira (2012) ao estudar o comportamento da madeira a temperaturas elevadas enfatizou que os impactos ambientais causados pelo carvoejamento da madeira, não envolve somente fatores como desmatamento, emissões atmosféricas e geração de resíduos sólidos, mas também põem em risco a saúde humana.

O autor acredita que a atividade põem a saúde humana em risco devido o processo de produção da mesma emitir grande quantidade de gases tóxicos, podendo apresentar as pessoas exposta a essa situação, sintomas e doenças provenientes da inalação dos gases.

Souza et al. (2010), expõem que mesmo a atividade possuir inúmeros impactos, há métodos e formas de minimizá-los. Essa questão, é um dos questionamentos proposto pela personagem da professora Luciana aos alunos, explicito na página 2.

Buscar fontes confiáveis e seguras de informações é de suma importância, pois somente o profissional possui propriedade suficiente de explicação sobre determinada atividade.

O personagem Samuel na página 3 (Figura 7), escolheu o profissional de acordo com o critério que a professora sugeriu, que é alguém confiável e da área. Os engenheiros florestais são alguns dos profissionais aptos a esclarecerem dúvidas referentes ao beneficiamento da madeira para fins energéticos.



**Figura 7** - Página 3 da HQ, mostra o encontro e a felicidade dos alunos em conhecer um profissional que lhes explicará sobre os impactos gerados pelas carvoarias.

Fonte: O autor, 2018.

(Página 3)

**Quadro 11:**

Luanda: Cadê a pessoa Samuel?

Pietro: Isso mesmo, cadê ela?

Juninho: Ela vai demorar muito?

Isabelly: Ela vai vir ainda?

Samuel: Calma pessoal, olha ela chegando ai!

**Quadro 12:**

Samuel: Pessoal, essa é a professora Flávia! Ela é Engenheira Florestal e vai nos explicar tudo sobre os impactos causados pelas carvoarias!

Professora Flávia: É isso aí, Samuel!!! E para compreenderem melhor, vou levá-los a um lugar onde vão poder ver de onde vem esses poluentes.

**Quadro 13:**

Todos os alunos: Obaaaaaaaaaaaaa!

O engenheiro florestal é o profissional responsável pela melhoria dos processos de manejo de florestas e de produção de bens florestais, como madeira, celulose e papel. Ele também atua no aprimoramento dos serviços florestais, que incluem atividades de lazer, recreação e conservação, além de trabalhar na recuperação de áreas degradadas e avaliar os impactos ambientais de empreendimentos nos ecossistemas naturais (DE OLIVEIRA e SOARES, 2006).

A atividade de carvoejamento, por ser um empreendimento que necessita da matéria prima (madeira) presente em florestas nativas e plantadas e por ser uma atividade potencialmente poluidora, está diretamente vinculada com a área do engenheiro florestal.

Dessa forma, o conhecimento das matérias presentes na grade curricular do curso como Industrialização de Produtos Florestais, Tecnologia da Madeira, Recursos Energéticos Florestais, Propriedades Físico-Mecânicas da Madeira, Anatomia da Madeira e Segurança do Trabalho, contribuem de forma significativa no que diz respeito a cadeia produtiva do carvão vegetal, o qual vai desde a extração da madeira na floresta, qualidade da madeira, desdobro das toras, até o produto final que é o carvão vegetal.

Na página 4 (Figura 8) a personagem da professora Flávia mostra as crianças o local de onde a fumaça e a fuligem presente na cidade vem.



**Figura 8** - Página 4 da HQ, mostra o primeiro contato e admiração das crianças na carvoaria e explicação da professora Flávia sobre o processo de carbonização.  
Fonte: O autor, 2018.

(Página 4)

#### Quadro 14:

Professora Flávia: Então crianças, a fumaça presente na cidade, vem daqui.

Pietro: Nossa!

Luanda: Quanta fumaça!

Isabelly: Olhem, é daqui que vem os flocos escuros.

Juninho: Quantas casinhas professora.

#### Quadro 15:

Professora Flávia: Isso não são casinhas, Juninho! São fornos de carbonização usados para produzir carvão vegetal.

#### Quadro 16:

Isabelly: E é na carbonização que a fumaça e a fuligem são produzidos?

Professora Flávia: Isso mesmo, Isabelly.

Pietro: E como isso ocorre, professora?

#### Quadro 17:



Professora Flávia: Bom, para se obter carvão vegetal, primeiramente precisa-se carbonizar a madeira. E é durante esse processo, que vários poluentes são formados, entre eles a fumaça e a fuligem.

Pietro: Nossaaa!!

### **Quadro 18:**

Professora Flávia: Para se obter carvão vegetal, primeiramente, os fornos são preenchidos com toras de madeira. Em seguida, realiza-se sua ignição e então, fechamento total de sua porta. Dá-se início, a carbonização da madeira, transformando-a em carvão.

É notável na página 4, o quanto as crianças ficam assustadas e admiradas com a quantidade de fumaça e de fornos presente na carvoaria.

Pinheiro et al. (2005) define carvoaria como o local onde encontra-se os fornos de carbonização e onde realiza-se todas as atividades de carbonização, que vai da chegada da madeira até o despacho do carvão vegetal produzido.

Ao longo da carvoaria, as crianças depararam-se com muitos fornos de alvenaria espalhadas pelo local, referindo-se a eles como “casinhas”. Uma planta de carbonização possui vários fornos, construídos em grupos, e que o conjunto de fornos da carvoarias, chama-se bateria. O principal forno utilizado no País é o forno rabo-quente, com cerca de 80% da produção realizada nesse sistema (PINHEIRO et al. 2005).

No Brasil, o carvão vegetal gerado é adquirido, predominantemente, pelo processo de fonte interna de calor. Estes são caracterizados por serem mais largamente difundidos em países em desenvolvimento e por serem artesanais, com baixo custo de instalação e manutenção e são conhecidos como fornos de alvenaria (RODRIGUES, 2016).

Na HQ, após o questionamento da personagem Isabelly à professora Flávia, se é na carbonização que a fumaça e a fuligem são produzidas, buscou-se explicar de forma mais simples possível como ambos são produzidos, iniciando explicação sobre a carbonização da madeira.

Wenzl (1970) diz que a carbonização é um processo onde a madeira sofre decomposição térmica, na ausência ou na presença de quantidades controladas de oxigênio, gerando um resíduo sólido, conhecido como carvão vegetal e também gerando quantidades significativas de fumaça.

Para Gomes e Oliveira (1980) o processo de carbonização, além de gerar carvão, gera também vapor d'água, líquidos orgânicos e gases não-condensáveis. A fumaça e a fuligem também são produzidas, isso durante o processo de carbonização.

Conforme Figueroa e Moraes (2009), a carbonização da biomassa é um processo complexo que possibilita a geração de elevado número de compostos e pode ser dividir em cinco etapas de acordo com a temperatura:

- a) Até 200° C – ocorre o processo denominado pirolise lenta. Nessa etapa ocorre a liberação de vapor e gases, existe algumas reações exotérmicas de oxidação. A madeira não se igniza e é onde praticamente só ocorre a secagem da madeira;
- b) de 200 a 280° C – fase conhecida como pirolise rápida. Ocorre a predominância de reações endotérmicas, com liberação de ácido acético, metanol, água, CO<sub>2</sub> e outros;
- c) de 280 a 380° C – fase exotérmica onde ocorre a produção de grandes quantidades de destilados, principalmente ácidos acéticos e metanol. O carvão vegetal é gerado com apresentação de compostos volatizantes em sua estrutura;
- d) de 380 a 500° C - fase exotérmica. Nessa etapa a emissão de gases é reduzida. Ocorre a produção de ácido acético, metanol, alcatrão e diversas substâncias gasosas condensáveis; e
- e) acima de 500° C – Etapa onde termina a carbonização e inicia-se a gaseificação do carvão. O carvão é o resíduo principal. Essa etapa final ainda ocorre a liberação de pequenas quantidades de voláteis.

Para uma melhor compreensão sobre as reações que ocorrem para geração da fuligem, buscou-se de forma simples, explicar os diferentes tipos de combustão da madeira (Figura 9).



**Figura 9** - Página 5 da HQ, explica de forma simples sobre a combustão da madeira e como a fuligem é formada. Fonte: O autor, 2018.

**Quadro 19:**

Pietro: Não entendi ainda como os poluentes surgem professora.

**Quadro 20:**

Professora Flávia: Calma Pietro, você já vai entender. Mas antes vamos falar sobre a combustão da madeira. A combustão nada mais é do que a reação química entre três partes necessárias que são:

**Quadro 21:**

Professora Flávia: O combustível, neste caso, a madeira.

**Quadro 22:**

Professora Flávia: O comburente, que é o oxigênio.

**Quadro 23:**

Professora Flávia: E a fonte de calor, para dar ignição, representada pelo fogo.

**Quadro 24:**

Professora Flávia: Com a combinação desses três fatores temos a combustão.

**Quadro 25:**

Professora Flávia: Existem dois tipos de combustão, a completa e a incompleta. A combustão completa ocorre quando existe oxigênio suficiente para consumir todo o combustível (madeira).

**Quadro 26:**

Professora Flávia: Já a combustão incompleta ocorre quando a quantidade de oxigênio presente no meio é insuficiente para consumir todo o combustível, resultando na formação de vários produtos, entre eles a fuligem presente na fumaça.

**Quadro 27:**

Luanda: Uau!

Pietro: Agora entendi. A fuligem ocorre quando não tem oxigênio suficiente para interagir com a madeira.

Professora Flávia: Exatamente Pietro!

Segundo Lopes et al. (2003), a combustão é um conjunto de reações químicas onde os combustíveis combinam-se com o oxigênio, liberando energia quando o combustível alcança a temperatura de ignição. Para que a combustão ocorra, precisam estar disponíveis fatores como combustível (biomassa), comburente (oxigênio) e temperatura de ignição (fogo).

Com o intuito de melhor compreensão sobre a combustão, a personagem da professora Flávia explica aos alunos que o processo de combustão ainda pode ser de dois tipos, que são completa e incompleta.

A combustão completa é quando existe oxigênio suficiente para consumir todo o combustível ou madeira. Já a combustão incompleta é aquela em que a quantidade de oxigênio presente no meio é insuficiente para interagir com a madeira. É na combustão incompleta que ocorre a produção de substâncias como monóxido de carbono (CO) (SILVA, et. Al, 2008).

Lopes et al. (2003), afirmam que durante a combustão incompleta uma parte do carbono junta-se ao oxigênio formando monóxido de carbono (CO) e ocasionando o aparecimento de fuligem nos gases de combustão.

Conforme a Figura 10, infelizmente a fumaça e a fuligem decorrente do processo de carbonização não suja apenas ruas, calçadas e casas, mas ocasiona sérios problemas a saúde das pessoas que entram em contato com esses impactos.



**Figura 10** - Página 6 da HQ discute sobre os principais impactos ocasionados pela fumaça e a fuligem as pessoas. Fonte: O autor, 2018.

(Página 6)

#### **Quadro 28:**

Luanda: Professora Flávia, além de poluir e sujar tudo, o que a fumaça e a fuligem ainda podem causar?

#### **Quadro 29:**

Professora Flávia: Por ser uma partícula muito fina e facilmente transportada pelo ar, elas conseguem atingir várias distâncias e ser prejudicial, tanto para quem trabalha com o carvoejamento das madeiras, como para quem reside próximo a carvoarias.

#### **Quadro 30:**

Professora Flávia: Não é somente a fuligem presente na fumaça, que nos causam danos, mas também os compostos que são formados durante o processo de carbonização. Esses compostos presentes na fumaça, não invade apenas ruas e residências poluindo e sujando roupas, paredes e chãos.

**Quadro 31:**

Professora Flávia: Eles também podem causar prejuízos à saúde, principalmente de crianças e idosos.

**Quadro 32:**

Professora Flávia: Isso ocorre devido a fumaça possuir compostos químicos prejudiciais a saúde que, podem causar problemas respiratórios e cardiovasculares.

**Quadro 33:**

Pietro: Nossa professora, quantas coisas esses poluentes podem causar!

Luanda: E o que se pode fazer para acabar com isso, professora?

Professora Flávia: Seria adotando algumas medidas como:

**Quadro 34:**

Professora Flávia: Implantação de forno fornalha, que tem como principal função queimar os gases da carbonização, eliminando quase totalmente os gases do efeito estufa, principalmente metano e monóxido de carbono.

Os poluentes atmosféricos podem ser classificados em dois grupos: os gases e os particulados. Os particulados podem incluir substâncias sólidas e líquidas, e os gases substâncias gasosas e líquidas (vapores) (CAVALLERI, 2015).

A produção de carvão vegetal em sua maioria ocorre em fornos de alvenaria rudimentares, necessitando de mão de obra humana, expondo os trabalhadores a fumaça e calor oriunda dos fornos. SOUZA et al. (2010), afirmam que muitas das vezes os trabalhadores ficam expostos diretamente a fumaça por dias seguidos, inalando grandes quantidades de gases tóxicos, produtos volatizados da queima da biomassa, fuligem, cinzas e pó do carvão.

Aqueles que ficam expostos a altas temperaturas dos fornos, há ocorrência de intensa sudorese corporal, provocando em alguns casos, desidratação e até mesmo queimaduras de 1º grau.

Segundo NKUNDUMUZIKA (2009) os sintomas apresentados por humanos quando expostos aos produtos da carbonização são asma, diminuição da função respiratória, irritação ocular que pode levar a catarata.

Já em estudos realizados por Hess (2008), o mesmo relata que há relação da queima de biomassa com a incidência de câncer, principalmente dos pulmões.

Godoi et al. (2004, apud HESS, 2008) diz que na combustão incompleta da madeira são liberados materiais particulados finos, como os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs), que em contato com o organismo humano, apresentam atividades mutagênicas cancerígenas e desreguladoras do sistema endócrino.

A fumaça e a fuligem enfatizada na página 6, são responsáveis por acarretar problemas à saúde, principalmente, de crianças e idosos, denominando um fator de extrema importância a ser compreendido.

A Organização Mundial de Saúde (OMS) considera que a “Saúde é um estado completo de bem estar físico, mental e social”. Já o ministério da saúde do Brasil (BRASIL, 1990), através da Lei de número 8.080, artigo 3º coloca que “a saúde tem como fatores determinantes e condicionantes, entre outros, fatores como a alimentação, a moradia, o saneamento básico, o meio ambiente, o trabalho, a renda, a educação, o transporte, o lazer e o acesso aos bens e serviços essenciais”.

Assim, pode-se perceber que a saúde depende do ambiente do entorno em que o indivíduo vive e que, situações de precariedade levam a saúde, a situações de grande risco, como no caso, da localização das carvoarias. Nas áreas de atividade de carvoejamento a precariedade do entorno é imensa, ocasionando uma série de impactos na saúde da população (CANETTIERI, 2013).

Essa preocupação com a sociedade do entorno das carvoarias é tratada por Dias (2002), em um estudo do perfil de morbimortalidade da população de municípios do Vale do Jequitinhonha (Minas Gerais) encontrando um padrão preocupante. Dos 532 óbitos registrados no período de janeiro de 1997 à dezembro de 1998, a principal causa de mortes foram as doenças cardiovasculares.

Muitos trabalhos científicos como de Godoi et al. (2004) e Duboc (2007) têm destacado que na combustão incompleta há formação de substâncias potencialmente tóxicas, tais como monóxido de carbono, amônia e metano, sendo que o material fino, contendo partículas menores ou iguais a 10 µm (PM10) (partículas inaláveis), são os poluentes que apresentam maior toxicidade e são os mais estudado (HESS, 2008).

A figura 8 aborda, que á diversas medidas que se pode adotar, seja para acabar ou minimizar os efeitos emitidos pelas carvoarias.



**Figura 11** - Página 7 da HQ mostra sugestões de diversas formas para se acabar com os poluentes emitidos pelas carvoarias.

Fonte: O autor, 2018.

(Página 7)

**Quadro 35:**

Professora Flávia: Construção de novos fornos com filtros redutores de fumaça, como forma de filtrar gases e partículas emitidas.

**Quadro 36:**

Professora Flávia: Implantação de coletores nos fornos para obtenção de subprodutos como licor pirolenhoso e/ou alcatrão obtidos por meio da condensação da fumaça do carvão.

**Quadro 37:**

Professora Flávia: Implantação de cortinas vegetais ao redor dos fornos que agiriam como retentoras de parte das partículas e poluentes, possibilitando maior conforto térmico e melhor qualidade do ar.

**Quadro 38:**

Samuel: Para os trabalhadores que ficam diretamente expostos a elevadas concentrações dos poluentes, seria ideal essas medidas, não é professora?

**Quadro 39:**

Professora Flávia: Sim, Samuel. E seria importante também se eles puderem se adequar, utilizando botas, máscaras, luvas.

**Quadro 40:**

Luanda: Nossa!

Juninho: Uau!

Isabelly: Legal!

**Quadro 41:**

Samuel: Muito obrigado professora Flávia, por nos mostrar que o problema da fumaça e fuligem tem jeito!

Professora Flávia: Imagina, Samuel.

De acordo com OLIVEIRA (2012), com o intuito de reduzir a emissão dos gases poluentes emitidos para a atmosfera, tem-se feito a combustão destes através de fornalhas acopladas aos fornos de carvão vegetal. Os queimadores de fumaça é uma fornalha que tem o objetivo de queimar os gases gerados durante o processo de carbonização, transformando a poluição em energia na forma de calor (OLIVEIRA et al. 2014).

Para a fumaça produzida, Benites et al. (2014) comentam que desenvolver e utilizar processos que permitam transformação do carvão e de seus subprodutos por meio da condensação da fumaça, além de uma alternativa desejável, é uma alternativa estratégica para o setor florestal, podendo ser utilizado para vários fins, como condicionante do solo e adubo orgânicos, como reativador ou estabilidade.

NETO et al. (2011) afirmam que a queima do carvão vegetal causa a liberação de gases tóxicos e formação da fuligem e que, para ser atenuada a eliminação desses gases, pode-se inserir um sistema de filtros que diminui boa parte dos elementos nocivos à saúde, no entanto, o mesmo não consegue extinguir por completo a fuligem.

Benites et al. (2008) afirma que o carvão vegetal é apenas uma fração dos produtos que podem ser obtidos durante o processo de carbonização da madeira. Para o autor, quando se utiliza sistemas apropriados para a coleta, pode-se também ser aproveitados os condensados pirolenhosos como o alcatrão e os gases não condensáveis.

Os subprodutos, obtidos por meio da condensação da fumaça, como o ácido pirolenhoso, são utilizados para diversos fins, como estimulantes vegetais, redutores de pH de caldas e como bioativadores de solos (MIAZAKA et al. 2001).

Assim como os queimadores de fumaça e os geradores de subprodutos, a adoção de cortinas vegetais em torno das áreas de produção de carvão vegetal são medidas de auxiliaria de forma significativa na redução de emissão dos gases poluidores.

Secretaria do Meio Ambiente do Rio Grande do Sul possui Portaria nº 03/95, juntamente com a Norma Técnica n.002/95, da FEPAM – Fundação Estadual de Proteção Ambiental Luiz Roessler - RS, que estabelece critérios e procedimentos para a localização e licenciamento de Fornos de Carvão Vegetal no Rio Grande do Sul (RODRIGUES, 2013).



Um dos critérios presente na Norma Técnica para obtenção do licenciamento de fornos de carvão vegetal, é a utilização de cortinas vegetais em torno da área de produção. O uso da cortina vegetal visa minimizar os impactos visuais da atividade e elevar a pluma de gases e fumaças, auxiliando na dispersão na atmosfera.

Rodrigues (2013) ao realizar estudos sobre diagnóstico ambiental da produção de carvão vegetal no município de Tabaí – RS, pode constatar alguns relatos da ocorrência de sintomas e/ou doenças vinculadas à produção de carvão vegetal. A autora pode observar que a utilização de Equipamentos de Proteção Individual – EPI, é de vital importância para a saúde e bem estar dos trabalhadores, pois os mesmos realizam intenso esforço físico e ficam muito expostos aos gases proveniente dos fornos. Infelizmente Rodrigues (2013) não constatou a utilização de EPI em nenhum trabalhador da carvoaria, o que é preocupante, pois evidencia a falta de descaso quanto a saúde e bem estar dos trabalhadores da atividade,

Toda e qualquer pessoa independente do cargo ou função que trabalha precisa cumprir as normas de segurança. É por direito todos funcionários que trabalham em funções de riscos, usar o EPI. Esses devem ser fornecidos pela empresa, sem adicional de custo.

Nas carvoarias, para cada função, o ideal seria equipamentos de proteção específico. No entanto, os principais EPIs seriam calçados reforçados, perneiras, mascaras de pano, luvas de raspa, calça de segurança, óculos de segurança e etc. (IABr, 2014)

Avaliar as condições de trabalho e saúde dos trabalhadores das carvoarias é de grande importância, uma vez que o Brasil é o maior produtor de carvão vegetal do mundo, com estimativas de 350.000 trabalhadores envolvidos na produção e transporte deste insumo (KATO et al. 2004).

Várias são as formas de mitigar os problemas acarretados pela produção de carvão vegetal, seja com filtros, condensadores de fumaça, cortinas vegetais, etc, no entanto, cabe aos órgãos fiscalizadores darem suporte aos empreendedores de como aplicar e cobrar cada medida.

A (Figura 12) mostra a satisfação das crianças em compreender o problema enfrentando e saber que toda e qualquer atividade, mesmo com grande grau poluidor, possui formas de mitigação.



**Figura 12** - Página 7 da HQ mostra a satisfação da professora em vê que os alunos conseguiram aprender sobre a temática proposta.  
Fonte: O autor, 2018.

(Página 8)

#### **Quadro 42:**

Professora Luciana: E aí, turma? Diante de tudo que aprenderam com a professora, o que acharam mais importante?

Luanda: Eu achei tudo muito importante!

#### **Quadro 43:**

Luanda: Adorei tudo, mas achei mais importante aprender que uma atividade como esta tem diversas formas para minimizar os impactos que produz.

Professora Luciana: Isso mesmo Luanda! Fico muito feliz que gostaram e aprenderam sobre o assunto proposto.

#### **Quadro 44:**

Professora Luciana: Cabe aos órgãos fiscalizadores, darem suporte aos produtores de carvão vegetal de como aplicar tais medidas e cobrar para que estas, sejam realizadas. Assim, os carvoeiros terão um lugar adequado para trabalhar e todos nós um lar saudável para morar.

Todos os alunos: Vivaaa!

A produção de carvão vegetal impacta a sociedade em diferentes aspectos devido a mesma está vinculada a diversos setores. No aspecto socioeconômico, a atividade é caracterizada por gerar muitos empregos, no entanto, é historicamente associada a péssimas condições de trabalho e a capacidade de geração de poluentes (CALLE et al. 2005, apud MOURA; MARTINS, 2011). Todavia, a atividade é uma importante fonte de renda para

agricultores familiares e autônomos, por isso é de vital importância, a adoção de diferentes métodos de mitigação dos impactos produzidos (CARRIERI-SOUZA et al. 2014).

Quintiere (2015) elucida que, da totalidade de carvão produzido no Brasil, cerca de 70% da produção, é feita por pequenos produtores e que cabe as políticas públicas (IBAMA, Secretarias de Meio Ambiente, Associações) promover e priorizar incentivos para facilitar o acesso dos pequenos produtores as inovações disponíveis, para melhorar o processo de produção do carvão vegetal e minimizar possíveis impactos.

De acordo com o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA, a fiscalização ambiental é uma entidade pública que consiste na fiscalização da conduta daqueles que apresentam-se como potenciais poluidores e utilizadores dos recursos naturais, garantindo a preservação do meio ambiente para a coletividade.

A formação de associações ou cooperativas de pequenos produtores, também é uma alternativa para melhor organização do polos industriais de carvão vegetal, priorizando a utilização de tecnologias para auxiliar na melhoria do aspecto técnico, econômico, social e ambiental da atividade (QUINTIERE, 2015).

O Instituto Aço Brasil - IABr em 2014, em parceria com o Instituto BioAtlântica - IBIO elaboraram uma cartilha sobre a produção sustentável do carvão vegetal. Essa iniciativa contribuiu para capacitar os produtores de carvão vegetal, visando minimizar os impactos gerados pela atividade.

A cartilha evidencia que trabalhar de forma certa e segura na produção de carvão vegetal, evita acidente, protege o meio ambiente e melhora as condições de trabalho (IBIO, 2016).

Em 2012 empresas do setor de ferro gusa localizados nos estados de Mato Grosso do Sul, Maranhão, Pará e Minas Gerais, com organizações como a Organização Internacional do Trabalho Brasil - OIT, Instituto Ethos, Imaflora, Fundação AVINA e WWF-BRASIL formaram um grupo conhecido como GT Carvão Sustentável - Grupo de trabalho Carvão Sustentável.

A GT tem por objetivo promover ações relacionados aos fatores críticos socioambientais da produção de ferro gusa e carvão vegetal. Uma de suas campanhas aborda o combate a devastação ambiental e trabalho escravo na produção de carvão vegetal para uso siderúrgico no Brasil (GT CARVÃO SUSTENTÁVEL, 2015). Isso demonstra a importância do conhecimento sobre as carvoarias, sobre a legalidade do trabalho, bem como as condições submetidas e as melhorias que podem ser feitas, pois além do trabalho escravo em muitos locais ainda se pratica o trabalho infantil.

A associação Baiana das Empresas de Base Florestal - ABAF, juntamente com o Governo do Estado da Bahia e demais colaboradores, lançaram uma campanha em 2011 conhecida como “Carvão ilegal é Crime”, conscientizando a população sobre os danos ambientais, sociais e econômicos que esse tipo de prática traz aos municípios brasileiros envolvidos (ABAF, 2018).

Todas essas iniciativas demonstram a importância que os meios de circulação, sejam eles jornais, revistas, panfletos ou HQs possuem, pois são informações importantes para a conscientização da população.

## 4.2 BOLETIM TÉCNICO

Como o material foi elaborado com o intuito de atingir diferentes públicos, houve a necessidade de se formular um material com aspecto mais técnico, criou-se então, o boletim técnico. O mesmo apresenta linguagem mais formal e técnica sobre a qualidade da madeira e do carvão vegetal (Figura 13).



**Figura 13** - Boletim Técnico com alguns critérios para a qualidade da madeira e do carvão vegetal. Fonte: O autor, 2018.

Assim como o boletim técnico criado, afirma que a densidade da madeira é um fator de extrema importância quando se deseja um carvão de qualidade, Brito 1993, afirma que na produção do carvão vegetal, madeiras com maiores densidades propiciam maiores rendimentos

em massa do carvão para um mesmo volume do forno. Carvão com maiores densidades, são oriundos de madeiras com maiores densidade, vantajoso para alguns de seus usos, como por exemplo, fins energéticos.

Já Rereira et al. (2000), dizem que, os fatores mais importantes ligados às propriedades da madeira, que afetam a qualidade do carvão como termorreduzidor, na indústria siderúrgica, são a densidade e o teor de lignina da madeira.

A densidade da madeira varia de uma espécie para outra, dentro da mesma espécie e na direção radial e axial de uma mesma árvore (OLIVEIRA, 2003) podendo ser considerada como um parâmetro de referencial para seleção de espécies florestais para fins energético (SANTOS, 2010).

Em relação a umidade da madeira, Gomes (2006) aponta a umidade como um fator de destaque para se conseguir um produto com maior poder calorífico, sendo necessário baixo teor de umidade, pois valores maiores comprometem o rendimento do alto-forno.

A característica da madeira que mais influencia o poder calorífico é o teor de umidade, por isso, é imprescindível a perda de calor nos gases de combustão em forma de vapor de água, já que a umidade da madeira evapora e absorve energia em combustão (QUIRINO et al. 2005), necessitando de energia para evaporá-la (BRITO e BARRICHELO, 1979).

Quanto à composição química da madeira, Brito e Barrichelo (1977) afirmaram que quanto maior a quantidade de lignina e extrativos da madeira, maior será densidade do carvão, logo, maior será o poder calorífico, o teor de carbono fixo e melhor as propriedades físicas e mecânicas do carvão produzido. Contudo, Trugilho et al. (2005) ressaltam apenas o teor de lignina como o principal fator para se obter um carvão de boa qualidade.

Uma das principais variáveis usadas para a seleção de espécies com melhores características para fins energéticos, é o poder calorífico, devido está relacionada com a quantidade de energia liberada pela madeira durante a sua combustão. É muito importante a quantidade de calor despreendida da madeira, para assim se conhecer a capacidade energética de uma determinada espécie (SANTOS, 2010).

Em análise realizada por Oliveira (2009) em toras de mesmo comprimento e diâmetros diferentes mostrou que quanto maior o diâmetro, mais tempo é gasto para a temperatura ficar homogênea na tora.

Segundo o boletim técnico, o diâmetro ideal de madeira para carvão, está entre 10 a 20 cm, sendo afirmada pelo autor Oliveira (2009) que a contribuição para a formação do tiço (em madeiras verdes) e cinzas (em madeiras com diâmetro menor) é justificada pela temperatura no

interior das toras de menor diâmetro, por serem elas homogêneas, enquanto no interior e superfície da tora de maior diâmetro os valores das temperaturas são diferentes.

Durante o processo de carbonização em função da sua maior resistência à degradação térmica, a lignina é um componente químico que mais contribui no rendimento gravimétrico (SANTOS, 2010). Sendo o principal componente da madeira responsável pela presença de carbono fixo no carvão vegetal. Já na queima direta, a lignina é completamente degradada e contribui para a liberação de energia.

A correlação entre o teor de lignina e o rendimento em carvão é relatado em diferentes trabalhos, como os de Oliveira (1988) e Vittal et al. (1994), que também encontraram maiores rendimentos gravimétricos em carvão vegetal para as madeiras de Eucalipto com os maiores teores de lignina.

Tanto para a produção de carvão vegetal, quanto para a queima direta da madeira, o teor de carbono é um fator de extrema importante. De acordo com Castro (2011) o teor de carbono é totalmente consumido na queima direta, enquanto que na produção de carvão vegetal, o carbono é convertido em carbono fixo, e é o responsável principal pela energia estocada no carvão.

As correlações entre o teores de carbono fixo, voláteis e cinzas e o poder calorífico podem ser explicadas pela composição química do combustível. O principal elemento combustível presente na biomassa, é o carbono, e sua medida no carvão vegetal é expressa pelo teor de carbono fixo.

Para uso siderúrgico, o valor ideal, para o teor de carbono fixo, varia entre 75 e 80% (SANTOS, 2008). Para o mesmo consumo dos redutor, maiores teores de carbono fixo contribuem para o aumento da produtividade dos alto-fornos, no entanto, altos teores de carbono fixo estão associados a baixos teores de materiais voláteis e ao aumento da reatividade do carvão, o que pode trazer prejuízos no processo siderúrgicos (DOS SANTOS, 2012).

Além dos componentes citados anteriormente, a madeira possui também pequenas quantidades de compostos minerais, comumente conhecidos como cinzas. Em geral, o conteúdo dos componentes inorgânicos não passa de 1% da massa seca (SJÖSTRÖM e WESTERMARK, 1999). Essa porcentagem é citada por Santos (2008a) que diz que o teor de cinzas presentes no carvão vegetal deve ser menor que 1%. Normalmente estão associados à compostos orgânicos onde tem função fisiológica.

As cinzas são mais abundantes na casca e podem acarretar alguns problemas durante a utilização da madeira e do carvão vegetal, uma vez que contribuem negativamente para o poder calorífico, causam trincas e fissuras no ferro gusa (principalmente o enxofre e o fósforo), além

de aumentar a quantidade de resíduo sólido, tanto nos cinzeiros das fornalhas, quanto no volume de escória da produção do gusa.

Por fim, Santos (2008) relata que o teor de materiais voláteis no carvão situa-se entre 20% e 25% e que porcentagens inferiores a 25% são desejadas para o uso siderúrgico, sendo que esse é um parâmetro que apresenta comportamento inversamente proporcional ao teor de carbono fixo no carvão, comprometendo, dessa forma, a eficiência do redutor durante as operações. No entanto, essa característica determina a estabilidade da chama e a velocidade de combustão, pois promove o aumento da permeabilidade da carga no alto-forno e a diminuição da reatividade do carvão vegetal. Sendo assim, faz-se necessária uma fração significativa de materiais voláteis no carvão para uso siderúrgico.

Frederico (2009) afirma que um alto teor de voláteis ocasiona a produção de muita fumaça, além da menor eficiência energética, o que não seria desejável para o carvão para uso doméstico.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Quando nos referimos a atividade de carvoejamento, logo vem a cabeça desmatamento, poluição, trabalho escravo, ilegalidade, etc. No entanto, toda e qualquer atividade seja ela poluente ou não, tem que ser vista muito além do que se aparenta.

O carvão vegetal além de ser uma fonte de energia renovável e uma importante fonte de renda principalmente para aqueles que exercem atividade informal. Por esse motivo, a atividade de carvoejamento merece ser vista muito além do olhar crítico, de agente poluidor.

A elaboração do material didático deve ser vista e encarada como o início da compreensão da importância que se tem as atividades geradoras de emprego e renda, e mostrar que mesmo com grande grau poluidor, toda e qualquer atividade possui sim, formas de se mitigar os impactos produzidos.



## 6 REFERÊNCIAS

AMARAL, Mayka Danielle Brito. **O movimento do carvoejamento na Amazônia oriental brasileira: a dinâmica da produção do carvão vegetal em Rondon do Pará.** Confins. Revue franco-brésilienne de géographie/Revista franco-brasileira de geografia, n. 22, 2014.

ABRAF - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. **Anuário estatístico da ABRAF 2013:** ano base 2012. Brasília, 2013. Disponível em: <<http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/handle/123456789/3909>>. Acesso em 24 de abril de 2016.

ARANTES, MARINA DONÁRIA CHAVES. **Variação das características da madeira e do carvão de um clone de Eucalyptus grandis W. Hill ex Maiden x Eucalyptus urophylla ST Blake.** Tese de Doutorado. Tese (Doutorado em Ciência e Rosa, RA et al. 2009.

BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL 2015 – ano base 2014: **relatório final.** Ministério de Minas e Energia (MME). Brasília, 2015. Disponível em:<<https://ben.epe.gov.br/BENRelatorioFinal.aspx?anoColeta=2015&anoFimColeta=201>>. Acesso em: 14 de abril de 2016.

BRAND, Martha Andreia. **Energia de biomassa florestal.** Editora Interciência, 2010.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil.** Belém: Basa, 1988.

BRITO, José. O. **O uso energético da madeira.** *Estudos Avançados*, São Paulo, v.21, n. 59, 2007. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S010-40142007000100015](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010-40142007000100015)>. Acesso em: 14 de abril de 2016.

BRITO, JOSÉ O. **Carvão vegetal no Brasil: Gestões econômicas e ambientais.** *Estudos Avançados*, São Paulo, v.4, n.9. 1990. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/eav/article/view/8568>>. Acesso em 18 de abril de 2016.

CENBIO. **Centro Nacional de Referência em Biomassa.** 2002. Disponível em:<<http://www.cenbio.org.br>>. Acesso em 18 de abril de 2016.

CAMPOS, Ângela D. **Técnicas para Produção de Extrato Pirolenhoso para uso Agrícola.** Circular Técnica. 65. ISSN 1981-5999, EMBRAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Pelotas, Rio Grande do Sul, 2007.

CANETTIERI, Thiago et al. **A Atividade de Carvoejamento e o risco a saúde da população de Rancho Novo, Caeté - MG.** *Revista Pegada*, v. 14, n. 1, 2013. Disponível em:<<http://revista.fct.unesp.br/index.php/pegada/article/view/1027>>. Acesso em 19 de março de 2018.

CARNEIRO, Marcelo Sampaio. Crítica social e responsabilização empresarial. Análise das estratégias para a legitimação da produção siderúrgica na Amazônia Oriental. **Caderno CRH**, Salvador, v. 21, n. 53, 2008.

CASTRO, Ana. F. N. M. **Efeito da idade e de materiais genéticos de *Eucalyptus sp.* na madeira e carvão vegetal**. 2011. 98f. Dissertação (Pós graduação em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2011.

CIDADE DE TUCURUÍ. **Dados da cidade de Tucuruí**. Disponível em: <<[http://cidadedetucuruui.com/inicio/a\\_cidade/DADOS\\_DA\\_CIDADE/DADOSDACIDADE.htm](http://cidadedetucuruui.com/inicio/a_cidade/DADOS_DA_CIDADE/DADOSDACIDADE.htm)>>. Acesso em 25 de junho de 2018.

COTTA, A. M. G. **Qualidade do carvão vegetal para siderurgia**. 1996. 58 p. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1996.

DE OLIVEIRA, Franklin Learcton Bezerra; DE ALMEIDA JÚNIOR, José Jailson. Extensão universitária: contribuições na formação de discentes de Enfermagem. **Revista Brasileira de Pesquisa em Saúde/Brazilian Journal of Health Research**, v. 17, n. 1. 2015.

DELL'OSSO, A. **Educação para a preservação da saúde e proteção ao meio ambiente**. Universidade Candido Mendes. Pró-reitoria de Planejamento e desenvolvimento. Monografia. Rio de Janeiro – RJ. 2002. Disponível em:<<<http://www.avm.edu.br/monopdf/4/ANDREA%20DELL%20OSSO.pdf>>>. Acesso em 13 de abril de 2018.

EMBRAPA. **Panorama Atual da Produção de Carvão Vegetal no Cerrado**. 2007. Embrapa Cerrado, Platina – DF.

ENCARNAÇÃO, Fábio. **Redução do impacto ambiental na produção de carvão vegetal e obtenção do ácido pirolenhoso como alternativa para proteção de plantas**. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, Porto Alegre, v.2, n.4, 2001.

FILGUEIRAS, Gisalda C. et al. **Estudo exploratório da cadeia produtiva do carvão vegetal no estado do Pará**. In: XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, 2008, Rio Branco - AC. **Anais... Amazônia, Mudanças Globais e Agronegócios: O desenvolvimento em questão**. Brasília - DF : SOBER, 2008.

FILHO, João Batista Galvão. **Poluição do ar.ECP – Engenharia, Consultoria e Planejamento**. Disponível em:. Acesso em, v. 26, 2013.

FONTES, Alesandro A. **Importância do carvão vegetal para a economia brasileira**. Departamento de Engenharia Florestal. Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais. 2004.

FREDERICO, P. G. U. **Efeito da região e da madeira de eucalipto nas propriedades do carvão vegetal**. 2009. 73 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2009.

GEDIEL, José Antônio Peres et al. **Direitos em conflito: movimentos sociais, resistência e casos judicializados: estudos de casos**. Curitiba: Kairós Edições, v. 1, 2015.

GOULART, Audemaro Taranto. A importância da pesquisa e da extensão na formação do estudante universitário e no desenvolvimento de sua visão crítica. **HORIZONTE-Revista de Estudos de Teologia e Ciências da Religião**, v. 2, n. 4, p. 60-73, 2004.

GUARDABASSI, P. M. **Sustentabilidade da biomassa como fonte de energia: perspectivas para países em desenvolvimento**. 2006. 132 f. Dissertação (Mestrado em Energia)-Universidade São Paulo, São Paulo, 2006.

IBGE. IBGE.- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2014.

JUVILLAR, J. B. **Tecnologias da transformação da madeira em carvão vegetal**. In: PENEDO, W. R. (Comp.). *Uso da madeira para fins energéticos*. Belo Horizonte: CETEC, 1980. 158 p. (Série Publicações Técnicas, n. 1).

KLAUTAU, Judith Von Paumgarten. **Análise experimental de uma fornalha a lenha de fluxo co-corrente para secagem de grãos**. 2008.

KURAUCHI, Martim Hideki Nakayama. **Uma abordagem de ensaio de resistência mecânica de carvão vegetal**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2014.

LEPEULE, Johanna et al. Chronic exposure to fine particles and mortality: an extended follow-up of the Harvard Six Cities study from 1974 to 2009. **Environmental health perspectives**, v. 120, n. 7, p. 965, 2012

LEONARDO, Estela da Silva. MOTA, João Batista. 2013. Disponível em:<<<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:http://200.198.6.14/uaitec-cursos/docs/producaoeusodemateriaisdidaticos/apostilacompleta.pdf>>>. Acesso em 01 de julho de 2018.

LOUREIRO, Breno Assis. **Análise energética da madeira e do carvão de híbridos entre *Corymbia citriodora* (Hook.) K.D. Hill & L.A.S. Johnson e *Corymbia torelliana* (F. Muell.) K.D. Hill & L.A.S. Johnson**. 2016. 87 p. Dissertação (mestrado acadêmico) – Universidade Federal de Lavras : UFLA, 2016.

MENDES, M. G.; GOMES, P. A.; OLIVEIRA, JB de. **Propriedades e controle de qualidade do carvão vegetal. Produção e utilização do carvão vegetal**. Belo Horizonte: CETEC, p. 75-89, 1982.

MICHELOTTI, Fernando. *Arranjo Produtivo Local Madeireiro De Marabá*. Essa, 1999.

MONTEIRO, Maurílio. **A siderurgia e carvoejamento na Amazônia. Drenagem energético-material e pauperização regional**. Belém, Naea/ UFPA, 1998.

MOTTA, Nathalia de Sousa et al. *Poluição*. Simpósio Internacional de Ciências Integradas da UNAERP Campus Guarujá. 2010. Disponível em:<<<http://www.unaerp.br/sici-unaerp/edicoes-antiores/2010/secao-1-6/1174-poluicao/file>>>. Acesso em 13 abril de 2018.

NOGUEIRA, L.A.H.; LORA, E.E.S. **Dendrologia: fundamentos e aplicações**. Rio de Janeiro: Interciência, 2ª ed., 2003.

OJETA, Igor. **Carvoarias representam um quinto das inclusões na ‘lista suja’ do trabalho escravo**. Reporte Brasil. 2014. Disponível em: <<http://reporterbrasil.org.br/2014/01/carvoarias-representam-um-terco-das-inclusoes-na-lista-suja-do-trabalho-escravo/>>. Acessado em 18 de maio de 2016.

OLIVEIRA, E.; VITAL, B. R.; PIMENTA, A. S.; DELLA LUCIA, R. M.; LADEIRA, A. M. M.; CARNEIRO, A. C. O. **Estrutura anatômica da madeira e qualidade do carvão de *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir.** *Revista Árvore*, Viçosa, v.30, n.2, p. 311-318, 2006.

PASSOS, F, V.; BARBOSA, T.R.C.G. **Produção de material didático.** Coordenadoria de Educação Aberta e a Distância. 2009. Disponível em: <[https://www2.cead.ufv.br/cead/files/professor/producao\\_mat-didatico.pdf](https://www2.cead.ufv.br/cead/files/professor/producao_mat-didatico.pdf)> Acesso em: 20 de Junho 2018.

PEREIRA, José Carlos Duarte; SCHAITZA, Erich Gomes; BAGGIO, Amilton João. **Propriedades físicas e químicas e rendimentos da destilação seca da madeira de *Grevillea robusta*.** Embrapa Florestaa, 2000. 10 p., 2000.

PIMENTA, A. S; BARCELOS, D.C. **Curso de Atualização e Carvão Vegetal.** Centro de Produção Técnica – CPT. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – Mg.2000.

PINHEIRO, P.C.C. **Guia de Prática de Análise Imediata de Combustíveis Sólidos.** Universidade Federal De Minas Gerais. Disponível em:< [www.demec.ufmg.br](http://www.demec.ufmg.br)>. Acessado em 12 de março de 2018.

QUIRINO, W. F. et al. **Poder calorífico da madeira e de materiais ligno-celulósicos.** *Revista da Madeira*, n.89, p.100-106, 2005.

REZENDE, João B.; SANTOS, Antônio C. Dos. **A cadeia produtiva do carvão vegetal em Minas Gerais: pontos críticos e potencialidades.** *Boletim Técnico.* Boletim Técnico no 95, ISSN 0101-062X. EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS – EPAMIG. Viçosa, Minas Gerais, 2010.

RIBEIRO, Helena; ASSUNÇÃO, João Vicente de. Efeitos das queimadas na saúde humana. **Estudos avançados**, v. 16, n. 44, 2002.

RIBEIRO, R.E.P. et al. Análise da tendência climática nas séries temporais de temperatura e precipitação de Tucuruí - Pará. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 7, n. 5. 2014.

SANTOS, Iris Dias. **Influência dos teores de lignina, holocelulose e extrativos na densidade básica e na contração da madeira e no rendimento e densidade do carvão vegetal de cinco espécies lenhosas do cerrado.** 2010.

SANTOS, Sueli de F. de O. M.; HATAKEYAMA Kazui. **Processo sustentável de produção de carvão vegetal quanto aos aspectos: ambiental, econômico, social e cultural.** *Production Journal*. v.22, n..2, São Paulo, 2012.

SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE - SEMA, PA. Instrução Normativa 002/2013. Disponível em:<<https://www.semas.pa.gov.br/2013/04/05/10991/>>. Acesso em 27 de maio de 2016.

TRUGILHO, Paulo Fernando et al. **Rendimentos e características do carvão vegetal em função da posição radial de amostragem em clones de *Eucalyptus*.** *Cerne*, v. 11, n. 2, p. 178-186, 2005.

VALERA,F.P., KAGEYAMA,P.Y. **Interação genótipo x espaçamento em progênies de Eucalyptus saligna Smith.** IPEF, Piracicaba, v.39, p.5-16, 1988.

VELLA, M. M. C. F. et al. **Influência da velocidade de carbonização da madeira nos rendimentos e nas propriedades do carvão produzido.** Revista IPEF, Piracicaba, n. 41/42, p. 64-76, 1989.

VITAL, Marcos Henrique Figueiredo; PINTO, Marco Aurélio Cabral. **Condições para a sustentabilidade da produção de carvão vegetal para fabricação de ferro-gusa no Brasil.** 2009.