

Curso de Tecnologia em Biocombustíveis

UTILIZAÇÃO NÃO-CONVENCIONAL DE CARVÃO VEGETAL

MATHEUS AUGUSTO DE VITTO

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Nádia Figueiredo de Paula

**Trabalho apresentado a Faculdade de Tecnologia
de Jaboticabal - Fatec, para obtenção do título de
Tecnólogo em Biocombustíveis.**

**Jaboticabal – SP
2º Semestre/2014**

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

De Vitto, Matheus Augusto

V853u Utilização não-convencional de Carvão Vegetal / Matheus Augusto De Vitto.— Jaboticabal : Fatec Nilo de Stéfani, 2014.
38f.

Orientadora: Nádia Figueiredo de Paula

Trabalho (Graduação) – Apresentado ao Curso de Tecnologia em Biocombustíveis, Faculdade de Tecnologia Nilo de Stéfani de Jaboticabal, 2014.

1. Charcoal Cooler. 2. Biochar. 3 Refrigerador Evaporativo. I. Paula, N. F. II. Utilização não-convencional de carvão vegetal.

CDD 662.71.

Curso de Tecnologia em Biocombustíveis

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: UTILIZAÇÃO NÃO-CONVENCIONAL DE CARVÃO VEGETAL.

AUTOR: MATHEUS AUGUSTO DE VITTO

ORIENTADORA: PROF^a. DR^a. NÁDIA FIGUEIREDO DE PAULA

Trabalho de Graduação aprovado pela Banca Examinadora como parte das exigências para conclusão do Curso Superior de Tecnologia em Biocombustíveis, apresentado à Fatec-JB para a obtenção do título de Tecnólogo.

Prof^a. NÁDIA FIGUEIREDO DE PAULA

Prof^a. ISABEL CRISTINA RODRIGUES CESTARI

Prof. RINALDO CÉSAR DE PAULA

Data da apresentação: 04 de Dezembro de 2014.

Dedicatória

Dedico esta monografia a meus pais, Carlos e Selma, por estarem sempre ao meu lado, me instruindo, incentivando e dando forças em todas as situações.

Dedico ao meu irmão Mauricio por não ter me deixado desistir do curso, mesmo quando isso era o que eu mais queria.

Dedico a minha namorada Mariana por todos os momentos que me proporcionou e por ter me ajudado a fazer este trabalho.

Também dedico a minha irmã Julia que mesmo muito nova sempre me alegria.

Esta dedicatória não poderia estar completa se eu não lembrasse aqui, de amigos muito importantes que torceram tanto pra eu chegar até onde cheguei, sempre me apoiando, dando força, me impulsionando sempre à frente.

Dedico aos amigos que fiz no curso de Biologia da UNESP Jaboticabal, pois me ajudaram muito e me proporcionaram momentos maravilhosos, dos quais vou levar lembranças para o resto da vida.

Jamais poderei esquecer de minha orientadora Prof^a. Nádia Figueiredo de Paula por ter me auxiliado, dado todo apoio e ajuda necessária para a montagem desta monografia.

Emfim, dedico esta monografia a todos que me ajudaram nessa jornada...

AGRADECIMENTO

Agradeço primeiramente a Deus por tudo que tem me proporcionado.

Aos meus pais, Carlos e Selma, por sempre estarem ao meu lado me auxiliando e passando seus ensinamentos e um pouco de suas experiências.

A minha namorada Mariana, com amor, por toda alegria e felicidade que me proporciona, por sua compreensão, carinho, presença, por ter me auxiliado no fim dessa luta e ajudado na elaboração e conclusão deste trabalho.

Ao meu irmão Mauricio por ter dado força e auxílio nessa jornada.

A minha querida irmã Julia por tornar meus dias mais alegres, engraçados e animados.

A minha segunda família, que são meus amigos, meus companheiros, por terem me apoiado, incentivado, torcerem sempre por mim e me animarem a chegar até o fim, quando eu pensava que jamais chegaria.

A minha orientadora Prof^a. Nádia Figueiredo de Paula pelo apoio, incentivo, disposição em me ajudar e a desenvolver comigo este trabalho.

Finalmente, a todos que fizeram ou fazem parte da minha vida, meus sinceros agradecimentos.

Muito Obrigado!

RESUMO

UTILIZAÇÃO NÃO-CONVENCIONAL DE CARVÃO VEGETAL

Atualmente o Brasil é o maior produtor e também o maior consumidor de carvão vegetal. Cotidianamente, o carvão vegetal é utilizado como combustível para aquecedores, lareiras, churrasqueiras e fogões, além de abastecer os setores industriais, especialmente a indústria siderúrgica. Contudo, o carvão vegetal tem diversas aplicações, sendo que em cada região do mundo é possível encontrar diferentes formas de uso. Em regiões quentes, onde não há energia elétrica, o carvão é utilizado em sistemas de refrigeração de ar para conservação de frutas e hortaliças (“charcoal cooler”). Em outras regiões, conhecido como biocarvão (*biochar*), é utilizado como fertilizante e condicionador do solo melhorando suas características. Portanto, o objetivo desse trabalho foi buscar na literatura informações sobre essas formas não-convencionais de utilização do carvão vegetal. A literatura mostra que o *charcoal cooler* tem sido utilizado e estudado em diversos países da África e demonstra que sua utilização é promissora para a conservação de produtos agrícolas e pecuários em locais onde não há energia elétrica. Também, de acordo com a literatura, o biochar pode ser usado como condicionador e retentor de água do solo. Além disso, tem a capacidade de aumentar as populações de microorganismos benéficos, capturar o carbono atmosférico e retê-lo no solo. Considerando-se que o Brasil é um país agrícola, tem grande potencial para produção e utilização de biochar, visto que este pode ser produzido a partir de, praticamente, qualquer biomassa.

Palavras-chave: Charcoal Cooler. Refrigerador Evaporativo. Biochar.

ABSTRACT

UNCONVENTIONAL USE OF CHARCOAL

Nowadays Brazil is the largest producer and the largest consumer of charcoal. Generally, charcoal is used as fuel for heaters, fireplaces, stoves and barbecues, in addition to fuel the industries, especially the steel industry. However, charcoal has many applications, and in every region of the world you can find different ways to use it. In warm regions, where there is no electricity, charcoal is used in air cooling systems for preservation of fruits and vegetables ("charcoal cooler"). In other regions, known as biochar, is used as a fertilizer and soil conditioner improving their characteristics. Therefore, the purpose of this study was to search information in the literature about these unconventional ways of using charcoal. The literature shows that the charcoal cooler has been used and studied in many countries of Africa and demonstrates that their use is promising for the conservation of agricultural and livestock products in places where there is no electricity. Also, according to the literature, biochar can be used as a conditioner and water retention in the soil. Moreover, it has the ability to increase populations of beneficial microorganisms, atmospheric carbon capture and retain it on the soil. Considering that Brazil is an agricultural country, it has a great potential for production and the use of biochar, since it can be produced from almost any biomass.

Keywords: Charcoal Cooler. Evaporative Cooler. Biochar.

LISTA DE FIGURA

Figura 1 - Visão esquemática do processo de carbonização e distribuição dos produtos	11
Figura 2 – Refrigerador evaporativo de carvão vegetal	13
Figura 3 - Estrutura de madeira para parede e telhado	14
Figura 4 - Psicrômetro	18
Figura 5 – Vista plana do refrigerador evaporativo.....	20
Figura 6 - Moldura de madeira sob intersecção de tiras de madeira	21
Figura 7 - Apoio de madeira para evitar deformação na parede	21
Figura 8 – Estrutura de madeira revestida com tela de arame.....	22
Figura 9 - Preenchendo paredes com carvão vegetal	22
Figura 10 – Vista da parede de carvão vegetal.....	23
Figura 11 – Vista da parede de carvão vegetal e entrada	24
Figura 12 – Protótipo utilizado por Lisa Crofoot	25
Figura 13 – Charcoal Cooler estudado por Odesola e Onyebuchi	25
Figura 14 – Modelo com sistema de distribuição de água	26
Figura 15 – Visão dos produtos nas prateleiras do modelo de Shitanda et al.	27
Figura 16 - Biochar.....	30
Figura 17 – Biochar incorporado ao solo	30
Figura 18 – Processo de Pirólise (fixação de carbono no material)	31
Figura 19 – Forno rabo-quente que pode ser utilizado para a produção de biochar.....	32
Figura 20 – Diferença entre terras comuns encontradas na Amazônia e terras pretas de índio	33
Figura 21 – Diferença entre o crescimento de plantas sem biochar e com biochar	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Temperatura de armazenamento, umidade relativa e vida de prateleira de frutas e legumes.....	16
---	----

SUMÁRIO

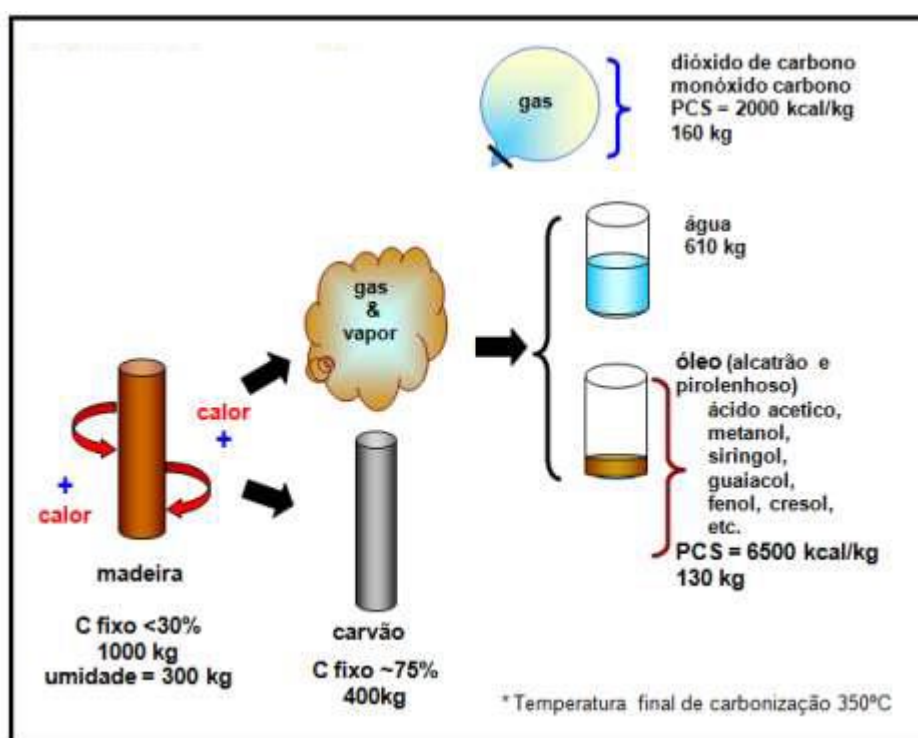
1	INTRODUÇÃO	11
2	CHARCOAL COOLER	12
2.1	Limitações climáticas	16
2.2	Psicometria	17
2.3	<i>Design</i> do refrigerador.....	19
2.4	Como operar o resfriador evaporativo.....	27
2.5	Vantagens do refrigerador evaporativo	28
3	BIOCHAR.....	29
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	36
	REFERÊNCIAS	37

1 INTRODUÇÃO

Devido ao aumento do consumo de energia oriunda de combustíveis fósseis em todo o mundo, a humanidade ficou voltada para uma matriz energética cara, insegura e de caráter negativo para o meio ambiente. Isso tem mudado o enfoque mundial para fontes de energias renováveis que não prejudiquem tanto o meio ambiente. É aqui que a madeira, ou mais precisamente seu derivado, o carvão vegetal, se encaixa (BRITO, 2007).

O carvão vegetal é uma substância de cor negra obtida pela queima ou carbonização da madeira ou lenha, como é tradicionalmente chamada. A carbonização é um processo que serve para aumentar o teor de carbono na madeira através de tratamento térmico, desse modo, ocorre uma perda de hidrogênio e oxigênio ocasionando a concentração de carbono no material, como mostra a Figura 1 a seguir (FREITAS, 2008).

Figura 1 - Visão esquemática do processo de carbonização e distribuição dos produtos



(Benites et al., 2009)

A madeira contribuiu para a evolução do homem, sendo sua primeira fonte de energia e era utilizada para aquecer e cozinhar alimentos (BRITO, 2007). Em um contexto histórico,

tem-se a presença do carvão vegetal utilizado para purificação de óleos e como uso medicinal no Egito antigo. Na Segunda Guerra foi muito utilizado para a retirada dos gases tóxicos, graças a sua alta capacidade de absorver impurezas sem alterar sua estrutura, por meio de sua composição porosa. No Brasil, os relatos do uso de carvão vegetal vieram através dos índios, que misturavam essa substância com gordura de animais para fim de combater doenças como tumores e úlcera (FREITAS, 2008).

Cotidianamente, esse material é utilizado como combustível para aquecedores, lareiras, churrasqueiras e fogões a lenha, além de abastecer os setores industriais, tais como as siderúrgicas, metalúrgicas e cimento e na medicina é conhecido como carvão ativado (BRITO, 2007). Atualmente, o país é o primeiro na produção de carvão vegetal sendo que 85% é usado nas indústrias, 9% nas residências e 1,5% no setor comercial (pizzaria, padarias e churrascarias, etc.). Embora no Brasil, essas sejam as formas de utilização mais conhecidas, o carvão vegetal tem diversas aplicações, sendo que em cada região do mundo é possível encontrar diferentes formas de uso (FREITAS, 2008).

Em regiões quentes, onde não há energia elétrica, é utilizado em sistemas de refrigeração de ar para conservação de frutas e hortaliças (“charcoal cooler”). Também é utilizado como fertilizantes, aumentando o teor de carbono e melhorando as características do solo (biochar). Na medicina natural é utilizado no tratamento de intoxicações, envenenamentos e problemas gastrointestinais. Além disso, o carvão também é utilizado como filtro de água, como adsorvente de gases, etc..

Dessa forma, o objetivo desse trabalho foi encontrar na literatura as formas não-convencionais de utilizar o carvão vegetal, demonstrando assim a ampla utilidade desse material.

2 CHARCOAL COOLER

Produtos de origem agrícola, os vegetais são fontes muito importantes e ricas de nutrientes, vitaminas e minerais que melhoram a qualidade da alimentação humana. Sua falta em nossa dieta pode acarretar doenças e complicações que levam até à morte em determinados casos. Dados de um projeto elaborado para o ano de 2000 revelam que: 2,7 milhões de mortes no mundo e 1,8% do total de doenças globais são causadas pelo consumo indevido de alimentos e produtos agrícolas (LOCK et al., 2004 apud FABIYI, 2010). Consumir vegetais é de extrema importância pois os nutrientes que eles contém podem ser

utilizados para tratar doenças cardio vasculares, por exemplo. Os legumes são bastante ricos em fibras, o que é essencial para ocorrer uma boa digestão (FABIYI, 2010).

A maioria desses vegetais é produzida em regiões onde não há energia elétrica ou as condições impedem que ela seja empregada em prol do acondicionamento dos mesmos, e por isso há a necessidade de instalações de armazenamento adequado para esses tipos de produtos e um estudo de formas eficientes e de baixo custo para a manutenção da qualidade dos mesmos, principalmente em países e regiões mais quentes e com umidade do ar bem baixa. É atendendo a esses pré-requisitos que vem o refrigerador de ar de carvão vegetal, exemplificado a seguir na Figura 2, onde é possível observar lateralmente, a parede preenchida com carvão.

Figura 2 – Refrigerador evaporativo de carvão vegetal



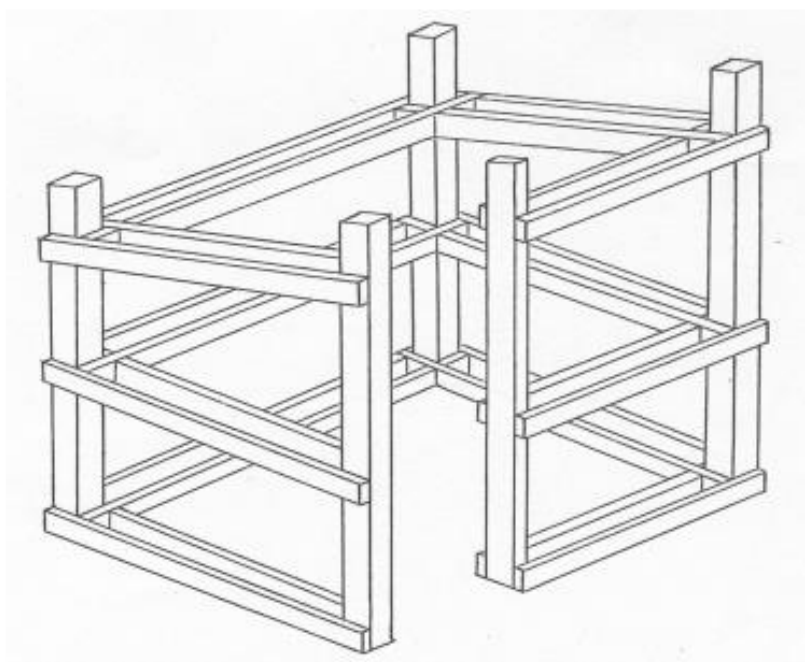
(Nenguwo, 2000)

O refrigerador de ar de carvão vegetal (charcoal cooler) utiliza o princípio de resfriamento evaporativo para proporcionar um ambiente com temperatura interior mais baixa, para que se possa refrigerar e conservar alimentos. O resfriamento evaporativo pode ser utilizado para se suprir duas principais necessidades: arrefecimento de ambientes (ar

condicionado) e de refrigeração. Esse tipo de refrigerador atende a necessidade de desenvolvimento de refrigeração em áreas onde não se tem eletricidade disponível (CROFOOT, 2010).

O mecanismo do refrigerador de ar de carvão vegetal é feito com uma estrutura porosa, de madeira com as laterais abertas (demonstrada na Figura 3) e cheias de carvão vegetal que deve ser mantida constantemente úmida. O fluxo de ar quente seco passa através dessa parede de carvão úmido evaporando a água, reduzindo assim a temperatura interna (NOBLE, 2003; NENGUWO, 2000). Essa temperatura chega a ser de 5 a 10 °C menor que a temperatura ambiente externa, isso varia com a umidade relativa do ar. Todo o calor dos produtos colocados dentro do refrigerador é passado para o ar que os circunda, diminuindo suas temperaturas e garantindo sua conservação (XICHUN, JIANLEI e VAN PAASSEN, 2008; BRENNAN et al., 1976 apud SHITANDA et al., 2011).

Figura 3 - Estrutura de madeira para parede e telhado



(Nenguwo, 2000)

Crofoot (2010) afirma que, refrigerar alimentos é um método que retarda o crescimento de bactérias e prolonga a vida nas prateleiras. No Sudão, por exemplo, um tomate dura cerca de dois dias no sol quente. Esses dispositivos não tem a funcionalidade de uma geladeira, porém, para quem não tem eletricidade e, portanto não tem possibilidade de ter um aparelho refrigerador elétrico, essa opção é bem viável. Além de resfriar o ar

significativamente, perante a temperatura do ambiente externo, ele ainda aumenta a umidade do ar, impedindo que os alimentos sequem e prolongando sua vida nas prateleiras. Com a instalação do refrigerador de ar de carvão vegetal a vida do tomate, por exemplo, pode ser estendida de 2 para 20 dias (NOBLE, 2003).

A armazenagem dos produtos agrícolas, em especial os laticínios e os produtos hortícolas, é muito importante já que perdem qualidade rapidamente e sua produção ocorre distante do mercado. Sem a presença desses mecanismos trabalhando de forma eficiente e eficaz, as perdas poderiam ser gigantescas, o que tornaria o processo todo de produção inviável economicamente (ODOGOLA, 1994 apud SHITANDA et al., 2011).

Em 2010, pesquisadores quenianos e americanos construíram e avaliaram o desempenho de um refrigerador evaporativo para armazenamento temporário de frutas e hortaliças destinadas à exportação, buscando minimizar a queda de qualidade antes dos produtos embarcarem. De acordo com Shitanda et al. (2011), mais de 30% dos hortifruti produzidos no Kenya são perdidos pelo fato de serem perecíveis, incluindo leite, frutas e hortaliças. Esses produtos tem grande valor comercial, mas a dificuldade em armazená-los no pós-colheita, diminui a qualidade e, conseqüentemente, seu valor de mercado. Além disso, menos de 20% de toda população tem acesso à energia elétrica (GOK, 2008), o que torna a utilização de sistemas de refrigeração convencionais impossível. Portanto, há a necessidade de utilização de sistemas alternativos, simples e de baixo custo para que a qualidade dos produtos esteja garantida (GOSWAMI et al., 2008).

Nenguwo (2000) alega que em refrigeradores evaporativos podem ser colocados todos os tipos de produtos, porém, as frutas subtropicais (como maçã, abacaxi, manga e mamão) são as que respondem melhor, pois, suas temperaturas ótimas de armazenagem chegam próximas as temperaturas que os refrigeradores alcançam.

A Tabela 1, apresentada a seguir, lista alguns cultivares com suas respectivas temperaturas de armazenamento e umidades relativas ideais que se atingidos prolongam a vida útil de prateleira, que podem ser alcançadas com uso do charcoal cooler.

Tabela 1 – Temperatura de armazenamento, umidade relativa e vida de prateleira de frutas e legumes

Mercadorias	Temperatura de Armazenamento em °C	Umidade Relativa %	Vida de prateleira
Aspargos	0 – 2,0	95	2 – 3 semanas
Feijão (verde)	5,0 – 7,0	90 – 95	7 – 10 dias
Cenoura	0	90 – 95	2 – 5 meses
Couve-flor	0	90 – 95	2 – 4 semanas
Pepino	7,0 – 10,0	90 – 95	10 – 14 dias
Repolho	0	90 – 95	3 – 6 semanas
Pimentão	7,0 – 10,0	90 – 95	2 – 3 semanas
Abobrinha	0 – 10,0	90	5 – 14 dias
Beringela	7,0 – 10,0	90	1 semana
Melão	0 – 4,4	85 – 90	5 – 14 dias
Quiabo	7,0 – 10,0	90 – 95	7 – 10 dias
Cebola (seca)	0	65 – 70	1 – 8 meses
Batata (branca)	5,0 – 10,0	93	2 – 5 meses
Batata (doce)	12,0 – 16,0	85 – 90	4 – 6 meses
Tomate (maduro)	7,0 – 10,0	85 – 90	4 – 7 dias
Tomate (verde)	12,0 – 20,0	85 – 90	1 – 3 semanas
Melancia	4,4 – 10,0	80 – 85	2 – 3 semanas
Maçã	1,0 – 4,4	90	3 – 8 meses
Abacates	4,4 – 12,5	85 – 90	2 – 4 semanas
Manga	12	85 – 90	2 – 3 semanas
Abacaxi	7,0 – 12,5	85 – 90	2 – 4 semanas
Mamões	7,0	85 – 90	1 – 3 semanas
Cravo	0 – 2,0	90 – 95	3 – 4 semanas

(FAO, 1989 apud SHITANDA et al., 2011)

2.1 Limitações climáticas

Foi constatado por Crofoot (2010) que o tamanho do resfriador tem pouco impacto sobre a manutenção da temperatura, ou seja, o tamanho não influenciará na eficiência do resfriador. Já as condições ambientais tem impacto significativo na funcionalidade do

dispositivo, portanto, para se construir um refrigerador deve-se estar a par das condições climáticas prevalecentes no local.

O indicador de temperatura mais utilizado para esse tipo de medição é o bulbo úmido, que vai mostrar a quão baixa a temperatura pode chegar dentro do refrigerador. Quanto maior a diferença de temperatura entre o bulbo seco e o bulbo úmido maior o potencial de resfriamento do refrigerador (FABIYI, 2010; ODESOLA & ONYEBUCHI, 2009; NENGUWO, 2000). Em ambientes onde a umidade do ar é elevada, a capacidade de evaporação é reduzida, ou seja, conforme a umidade relativa do ar cresce, o desempenho do refrigerador diminui, limitando sua atuação em climas mais úmidos. O resfriamento evaporativo é mais eficiente quando a umidade relativa do ar é inferior a 30%. Além disso, deve ser implantado em áreas onde se tem água disponível, porque quando ele trabalha de maneira eficaz pode utilizar de 20 – 70 L de água por dia (CROFOOT, 2010).

Nenguwo (2000) relata que, registros climáticos ou meteorológicos devem ser analisados antes de se instalar o refrigerador e para saber onde será o melhor local. Em situações onde registros meteorológicos não se encontram disponíveis, com os dados de umidade e temperatura é possível fazer os cálculos do benefício potencial do refrigerador. Isso é alcançado através de tabelas psicométricas que demonstram a relação de diferentes propriedades de vapor de água do ar e temperatura (FABIYI, 2010).

2.2 Psicometria

De acordo com Crofoot (2010) a evaporação, mudança de estado da água de líquido para gasoso, necessita de calor oriundo do ambiente que o rodeia (NOBLE, 2003). As características psicométricas do ar úmido são parecidas com os princípios de calor e transferência de massa que se aplicam na evaporação da água para arrefecimento (FABIYI, 2010).

Nenguwo (2000) menciona que os pontos a serem observados são:

a) Temperatura do bulbo úmido: é a temperatura obtida de um termômetro com material úmido ou ao redor dele. Essa medida é da temperatura do vapor de água saturada com ar.

b) Temperatura de bulbo seco: é a temperatura obtida normalmente através de um termômetro ou outro instrumento.

c) Umidade relativa: é a quantidade de água no ar. O teor de água do ar é expresso pela razão entre a quantidade de água existente no ar e a quantidade máxima de água que pode ser sustentada a essa temperatura. Vale notar que a capacidade do ar de reter água aumenta conforme a temperatura do ar aumenta (FABIYI, 2010; ODESOLA & ONYEBUCHI, 2009).

Conhecendo quaisquer dois dos itens acima é possível trabalhar o terceiro. Quando registros meteorológicos fornecerem a temperatura e a umidade, logo é possível trabalhar a temperatura de bulbo úmido (NENGUWO, 2000).

A seguir, a Figura 4 ilustra um psicrômetro com seus bulbos seco (esquerda) e úmido (direita) - que necessariamente deve ficar sempre imerso para funcionamento adequado do sistema.

Figura 4 - Psicrômetro



(wikipedia.org, 2005)

Segundo Nenguwo (2000), o potencial para o resfriamento por evaporação é influenciado pela umidade relativa, ou seja, quanto menor a umidade relativa do ambiente e mais constante a temperatura, maior o potencial de resfriamento por evaporação.

Conforme citado por Odesola & Onyebuchi (2009), além da umidade relativa, ainda existem três fatores que influenciam a taxa de evaporação, são eles:

I) Temperatura do ar: a evaporação só vai acontecer quando a água capturar energia suficiente para passar da fase líquida para a gasosa, e o ar quanto mais quente estiver, mais auxilia nesse processo, ou seja, maior o arrefecimento (FABIYI, 2010).

II) Movimento do ar: a movimentação do ar é de extrema importância para o processo de evaporação. Conforme o ar evapora a água, automaticamente aumenta a quantidade de vapor de água no ar. Se o ar ficar estacionado, não será possível ocorrer a evaporação pois o ar estará saturado não volatilizando mais a água e não realizando mais o processo (FABIYI, 2010). Porém, não é bom o ar se movimentar de forma muito rápida, pois assim, ocorrerá muita evaporação não dando tempo de diminuir a temperatura interna do refrigerador e inutilizando o procedimento de armazenagem. Isto aumenta a quantidade de vezes que as paredes de carvão devem ser molhadas, conseqüentemente, aumenta também o consumo de água para manutenção do mecanismo.

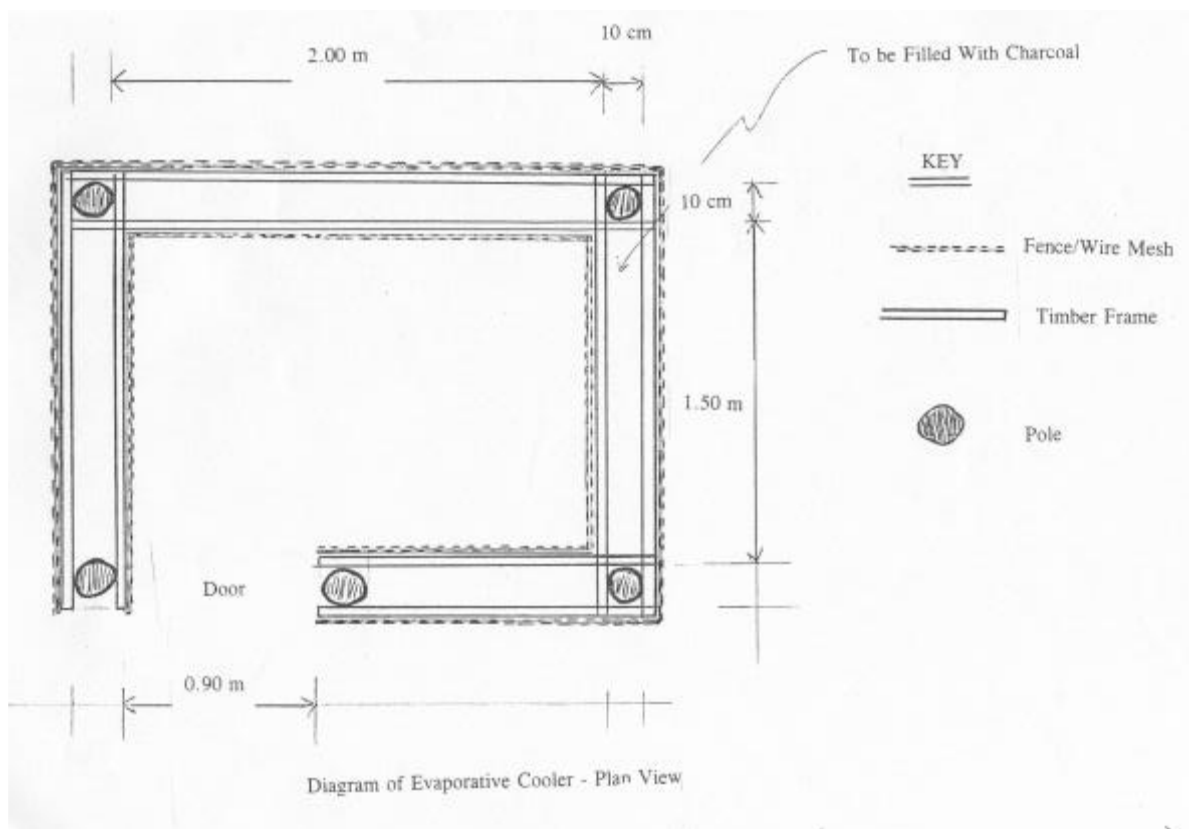
III) Área de superfície: quanto maior a área de superfície a partir do qual a água pode evaporar, maior será a taxa de evaporação no refrigerador (FABIYI, 2010).

Na prática, na maioria das vezes, a temperatura encontrada no refrigerador evaporativo será um ou dois graus a mais do que a temperatura do bulbo úmido, isso ocorre por conta de ineficiências no resfriamento (NENGUWO, 2000) e pelo fato de nenhum processo atingir 100% de aproveitamento (ODESOLA & ONYEBUCHI, 2009).

2.3 Design do refrigerador

Vários tipos de *designs* de refrigeradores evaporativos vêm sendo usados por todo mundo, mas o design abordado nesse estudo é demonstrado na Figura 5 e possui o tamanho aproximado de uma sala pequena, mostrado anteriormente na Figura 3. Nenguwo (2000) salienta que os materiais utilizados só servem como base, porém, podem ser feitos quaisquer tipos de modificações.

Figura 5 – Vista plana do refrigerador evaporativo



(Nenguwo, 2000)

A estrutura é inteiramente feita de madeira, como mostram as Figuras 6 e 7, as paredes de carvão contém suportes de madeira e são recobertas com tela de arame com 10 cm de espaço no interior para que caiba o carvão vegetal, mostrado nas Figuras 8 e 9. Os quatro lados das paredes são preenchidos com carvão vegetal até 15 a 20 cm do telhado para que o ar possa circular por essa câmara fria, observado nas Figuras 10 e 11 (SHITANDA et al., 2011; NOBLE, 2003; NENGUWO, 2000). Crofoot (2010) lembra que esses dispositivos são bem versáteis e podem ser feitos com materiais disponíveis localmente.

Figura 6 - Moldura de madeira sob intersecção de tiras de madeira



(Nenguwo, 2000)

Figura 7 - Apoio de madeira para evitar deformação na parede



(Nenguwo, 2000)

Essas fotos mostram a construção da estrutura de madeira do refrigerador.

Figura 8 – Estrutura de madeira revestida com tela de arame



(Nenguwo, 2000)

Figura 9 - Preenchendo paredes com carvão vegetal



(Nenguwo, 2000)

Na Figura 8 é possível ver a estrutura de madeira pronta e já revestida de arame esperando apenas o preenchimento com carvão.

Já na Figura 9 vemos o refrigerador começar a ser preenchido com carvão. Note que o telhado foi feito com capim para manter longe insetos voadores.

Figura 10 – Vista da parede de carvão vegetal



(Nenguwo, 2000)

Figura 11 – Vista da parede de carvão vegetal e entrada



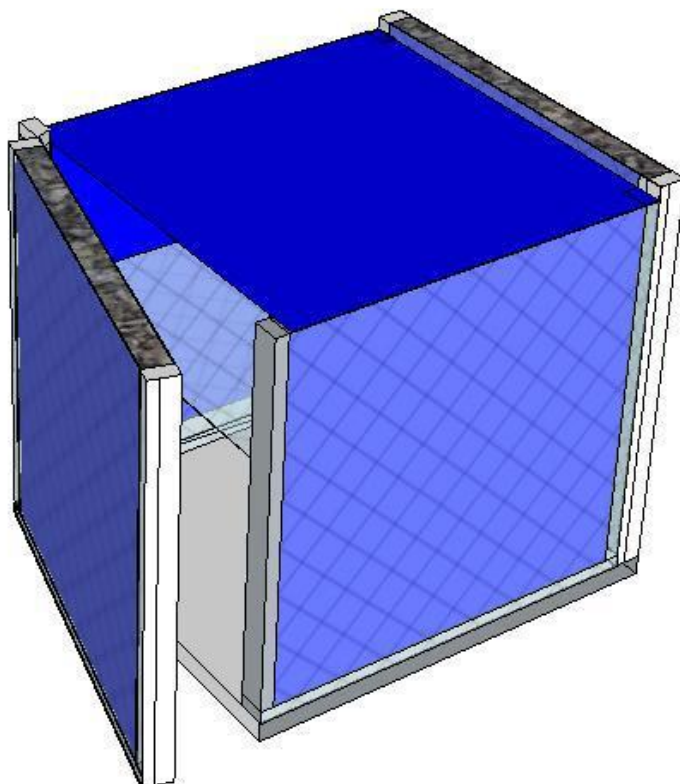
(Nenguwo, 2000)

O refrigerador tem uma porta, para que se possa entrar e sair com os produtos, o telhado, preferencialmente, deve ser de palha ou outro material que proporcione sombra fresca e que tenha uma saliência para manter longe insetos voadores, demonstrado anteriormente nas Figuras 2 e 9 (ODESOLA e ONYEBUCHI, 2009; NOBLE, 2003). O piso pode ser de terra compactada, porém, ele terá uma maior durabilidade se for feito de cimento ou tijolos. A utilização de estrados de madeira como base é aconselhável, pois, mantém os produtos fora do solo, diminuindo assim, a possibilidade dos produtos se contaminarem com doenças oriundas do solo (NENGUWO, 2000). No piso de concreto é mais fácil fazer a drenagem da água além de reduzir o contato com o solo diminuindo a contaminação dos produtos (SHITANDA et al., 2011).

Nenguwo (2000) dá às dimensões desse refrigerador, que são 2,0 m de comprimento, 1,5 m de largura e 2,0 m de altura. Esse dispositivo tem o telhado levemente inclinado para adaptar-se a qualquer tipo de material que for utilizado como telha. A capacidade máxima desse refrigerador é de 600 a 800 kg de produto fresco.

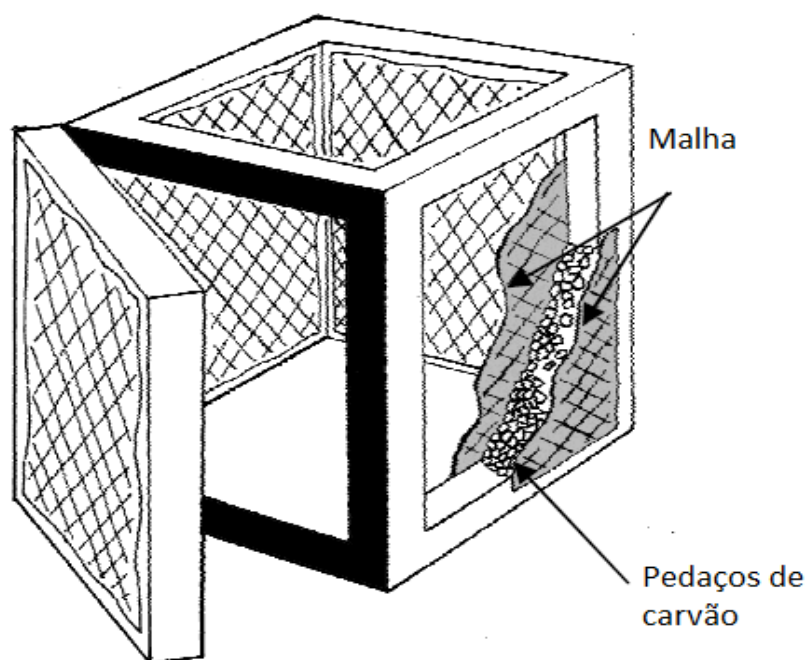
Outros modelos utilizados e estudados pelo mundo são mostrados a seguir nas Figuras 12 a 15.

Figura 12 – Protótipo utilizado por Lisa Crofoot



(Crofoot, 2010)

Figura 13 – Charcoal Cooler estudado por Odesola e Onyebuchi



(Sharma e Rathu, 1991 apud Odesola e Onyebuchi, 2009)

Figura 14 – Modelo com sistema de distribuição de água



(Fabiya, 2010)

Figura 15 – Visão dos produtos nas prateleiras do modelo de Shitanda et al.



(Shitanda et al., 2011)

2.4 Como operar o resfriador evaporativo

A primeira condição para um bom funcionamento do mecanismo é confirmar se o produto que será mantido no refrigerador está em boa qualidade, ou seja, não esteja danificado ou doente. Isso é muito importante, pois, produtos nessas condições vão respirar com maior frequência, produzindo mais calor do que produtos em boas condições, se tornando mais vulneráveis aos ataques microbianos e se deteriorando mais rápido (SHITANDA & WANJALA, 2006 apud SHITANDA et al., 2011). Todos os produtos que forem guardados no refrigerador precisam ser classificados previamente e frutos em más condições devem ser descartados (NENGUWO, 2000).

Manusear cuidadosamente os produtos é imprescindível e isso inclui manter as frutas na sombra. Essa etapa é primordial porque a fruta exposta diretamente ao sol vai aquecer e isso gera uma energia muito maior a ser gasta para remover esse calor e manter as frutas mais frias. A fruta ao sol tem sua temperatura maior do que a do ambiente (DASH; CHANDRA; KAR, 2006; ANYANWU, 2004 apud SHITANDA et al., 2011). Como exemplo, se tiver uma fruta exposta ao sol direto numa temperatura ambiente de aproximadamente 25 °C, essa fruta

chegará a uma temperatura em sua superfície de até 38 °C. Por isso é importante manter as frutas, em todos os momentos pós-colheita, na sombra (NENGUWO, 2000).

As paredes devem ser umedecidas antes de se colocar os produtos. Se as paredes não forem molhadas com muita antecedência devem, pelo menos, ser molhadas 20 minutos antes de colocar os produtos lá dentro, para que haja tempo da temperatura ir baixando. Deve-se manter a porta do refrigerador sempre fechada para impedir que aumente sua temperatura. Portanto, o carregamento do refrigerador deve ser efetuado da maneira mais rápida possível para que a porta fique um tempo mínimo aberta e não deixe se esvaír a temperatura obtida. Deve-se proceder dessa maneira durante o armazenamento e todo o tempo em que os produtos estiverem dentro do refrigerador, a fim de manter as temperaturas mais amenas obtidas por um período maior de tempo (NENGUWO, 2000).

Os produtos devem ser colocados cuidadosamente no refrigerador. Uma boa opção é a utilização de caixas térmicas como forma de armazenagem dos produtos, para que ajude a manter a temperatura nos mesmos. Organizando o refrigerador ordenadamente em linhas começando de baixo para cima, com cerca de 10 cm distantes das paredes e entre filas, para que o ar possa circular, também é uma boa maneira de se aproveitar o espaço. Lembrando que as caixas que ficarem mais próximas das paredes, serão as que terão as temperaturas mais baixas (NENGUWO, 2000).

Nenguwo (2000) estabelece que, enquanto houver produto armazenado no refrigerador, o ciclo de molhagem precisa ser contínuo. Deve ser feita uma inspeção do carvão, para averiguar se ele está, de fato, molhado. A quantidade de água gasta deve fazer com que o carvão fique suficientemente molhado, não precisando chegar ao ponto de gotejamento. É preciso que haja um cuidado para que ao molhar as paredes, nenhuma fruta ou produto seja atingido. A temperatura do refrigerador deve ser monitorada em todos os momentos para que um registro de manutenção da temperatura seja estabelecido. Anotando a temperatura duas ou três vezes por dia dá pra se fazer um bom acompanhamento de rendimento do refrigerador, analisar suas condições e verificar se necessita de algum reparo.

2.5 Vantagens do refrigerador evaporativo

Para Odesola e Onyebuchi (2009), sem sombra de dúvidas, a principal vantagem desse mecanismo é a utilização de materiais simplificados de refrigeração passiva para atingir menores temperaturas com o intuito de preservar frutas e legumes. Não é necessário ter

nenhum pré-requisito ou habilidade especial para operá-lo, por esse motivo é vantajoso na área rural.

A evaporação não serve só para diminuir a temperatura do ar dentro do refrigerador e em volta dos produtos, mas também para aumentar a umidade do ar. Isso evita que os produtos sequem aumentando sua vida útil de prateleira (AP-Tech, 1980 apud ODESOLA & ONYEBUCHI, 2009).

De forma geral, a refrigeração por evaporação pode ser utilizada onde: as temperaturas são elevadas, a umidade do ar é baixa, a água possa ser designada para essa utilização e haja uma movimentação frequente no ar (ODESOLA & ONYEBUCHI, 2009).

3 BIOCHAR

Atividades humanas em busca de maior produção de alimentos vêm gerando uma degradação ambiental, ainda mais quando é feita em locais de preservação. Cortar e queimar florestas gera, naturalmente, a perda de fertilidade e redução de matéria orgânica nos solos, além de liberarem gases poluentes que contribuem para o aumento do efeito estufa e do aquecimento global (MACHADO, 2005 apud PETTER e MADARI, 2012).

Para recuperar essa matéria orgânica e fertilidade do solo perdidas e ainda fixar 50% do carbono lançado na atmosfera na forma de gás carbônico, monóxido de carbono e gás metano (MOURA et al., 2010 apud PETTER & MADRI, 2012), uma das maneiras mais eficazes é a incorporação de biocarvão no solo. As Figuras 16 e 17 mostram o biochar e sua incorporação ao solo.

Figura 16 - Biochar



(Fonte: marcus5spot, Flickr.com)

Figura 17 – Biochar incorporado ao solo

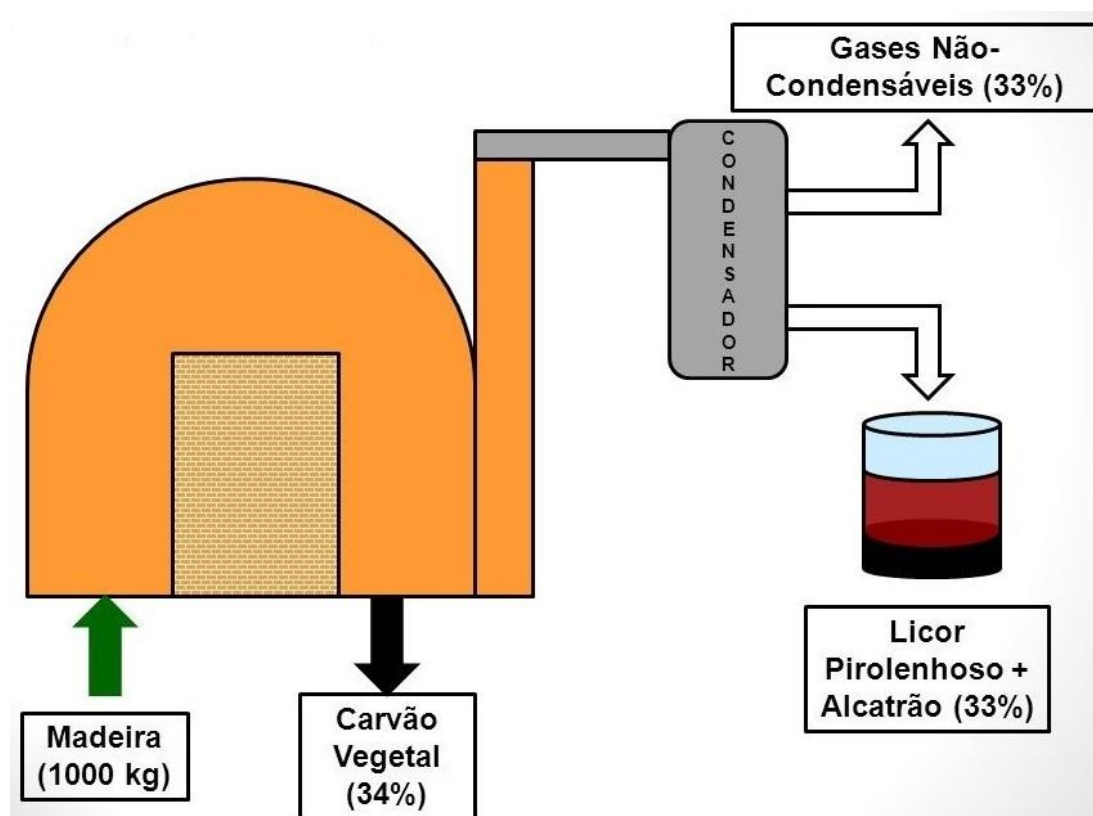


(FONTE: CenUSA Bioenergy, Flickr.com)

De acordo com Lehmann (2009 apud NÓBREGA, 2011, p. 10), o biocarvão (biochar) nada mais é do que “um material carbonáceo de granulidade fina com elevado teor de carbono orgânico e largamente resistente à decomposição”. Recebe esse nome quando é designado especificamente para uso corretivo em solo. Provindo da queima de uma quantidade variada de biomassas, podendo ser originária de qualquer tipo planta, material animal, lixos, dejetos, resíduos florestais e todo material orgânico que não tenha mais utilidade (DACHERY, 2010). No entanto deve-se ter cuidado com a presença de resíduos químicos tóxicos, presente nos resíduos do lixo entre outros.

Dachery (2010) explica que, essa queima é nomeada pirólise, pois, ocorre sem a presença de oxigênio, impedindo assim que o carbono do material se esvaia para a atmosfera concentrando-o no carvão, apresentado na Figura 18 (Petter e Madari, 2012). Dessa forma, aproximadamente, 20% a 50% desse carbono não é emitido para atmosfera, fato que aconteceria normalmente com a futura deterioração dessa matéria orgânica.

Figura 18 – Processo de Pirólise (fixação de carbono no material)



(Fonte: Braga, 2012)

A Figura 19 vai mostrar um dos tipos mais simples de fornos que podem ser utilizados para essa finalidade.

Figura 19 – Forno rabo-quente que pode ser utilizado para a produção de biochar



(Paula, 2011; Imagem utilizada na disciplina de produtos energéticos da madeira – FATEC/JB)

Essa técnica é utilizada a milhares de anos por tribos indígenas pré-colombianas na Amazônia. Só não se sabe ao certo se esse é um procedimento intencional para melhoria do solo, ou consequência de atividades agrícolas e de moradia dessa população (LEHMANN et al., 2003 apud ALHO, 2010, p. 2).

Estudiosos que passaram pela Amazônia, após a década de 1870, notaram manchas escuras e profundas muito férteis no solo, completamente distintos do solo pobre da região. O solo comumente encontrado na Amazônia é argiloso ou arenoso, com poucos nutrientes e uma camada fina de húmus na superfície causada pela floresta. Solos ácidos, intemperizados, pouco capaz de realizar troca catiônica, pouco fértil e com pouco potencial para produção de culturas. O fator que limita o avanço da agricultura sustentável nessa região é a fertilidade encontrada no solo (REZENDE et al., 2011).

Rezende et al. (2011) relatam que as manchas escuras encontradas no solo são completamente diferentes. Elas são riquíssimas em carbono, obtendo cinco vezes mais carbono do que os solos vizinhos. Isso se deve a ocupação indígena dessas terras, reconhecida

pelo fato de se encontrarem resquícios de cerâmica, artefatos líticos, ossos entre outros vestígios de habitação indígena e por esse fato, essas terras recebem o nome de Terras Pretas de Índios. Essa habitação teve como resultado o acúmulo de resíduos animais, vegetais e cinzas e carvões em grandes quantidades, que foram de suma importância para o aumento da troca catiônica nessas terras (PETTER & MADARI, 2012).

As lentas mudanças químicas desses resíduos carbonizados originam um material recalcitrante que origina grupos químicos com capacidade de segurar os nutrientes da planta e, dessa forma, evita a lixiviação causada por intensas chuvas na região amazônica. Estudos sobre esse solo definiram um padrão de material orgânico a ser copiado para uma melhora da fertilidade do solo, de maneira sustentável, e a captura de carbono (PETTER & MADARI, 2012; NOVOTNY, 2008).

Nessas terras, a camada rica em carbono é de aproximadamente 200 cm, com a média girando em torno de 40-50 cm, enquanto nos solos vizinhos fica limitado entre 10-20 cm. Com isso, a quantidade de carbono acumulado nessas terras pode chegar a magnitudes muito maiores e ter uma estabilidade seis vezes maior do que nos solos vizinhos. Esse carbono está no formato de carbono pirogênico, principalmente biochar (GLASER et al., 2001 apud ALHO, 2010, p. 3).

A Figura 20 demonstra a diferença de solos encontrados na região amazônica.

Figura 20 – Diferença entre terras comuns encontradas na Amazônia e terras pretas de índio



(Fonte: The Azimuth Project)

O ato de acrescentar biochar ao solo aumenta sua fertilidade, pois ele possui ampla área superficial e absorve muito bem moléculas orgânicas, proporcionando um ambiente que aumenta a degradação de húmus através de microorganismos e ainda controla a acidez (LABEGALINI, 2013; PETTER e MADARI, 2012; DACHERY, 2010). O que mais agrada, motiva e leva a gestão do biochar é sua capacidade de reter água e algumas características físicas do solo, aumentar a estabilidade do carbono, adsorver e/ou complexar matéria orgânica, elementos tóxicos e gases presentes no solo, reter e adicionar nutrientes e melhorar o crescimento e desenvolvimento de microorganismos benéficos (LABEGALINI, 2013; NÓBREGA, 2011). E ainda é possível obter “créditos de carbono dentro das normas do Protocolo de Kyoto” (PETTER e MADARI, 2012).

A Figura 21 mostra a diferença do crescimento de plantas nos solos das Terras Pretas de Índios, que contém a presença de biochar, e o crescimento nos solos vizinhos, que não contém biochar em sua composição.

Figura 21 – Diferença entre o crescimento de plantas sem biochar e com biochar



(Rezende et al., 2011)

Dachery (2010) alega que, mesmo sendo um dos líderes em produção agrícola no mundo, o Brasil contém uma grande parte de solos agricultáveis ácidos, pouco capaz de reter nutrientes, pouco férteis e degradados, portanto, aplicar adubo, matérias orgânicas *in natura*, estrume animal e qualquer outro condicionador de solo, seria apenas uma solução

momentânea. Porém, se esse material for transformado em biochar, que é um adubo estável e atóxico, causaria uma estabilidade na fertilidade desse solo, que melhoraria a qualidade e a manteria por milhares de anos.

O biochar tem uma grande resistência à oxidação, tanto térmica, quanto química ou até mesmo a foto-oxidação, e pelo motivo de ser recalcitrante, o simples fato de estar incorporado ao solo já basta como mecanismo de captura de carbono (ALHO, 2010). Há três grandes motivos para se colocar o biochar como boa opção de captura de carbono. O primeiro é pelo fato de ser produzido através de processos classificados como simples e de baixa poluição. O segundo motivo é por existir matéria prima para sua produção em qualquer lugar. E o terceiro é pelo fato de melhorar as condições do solo (VACCARI et al., 2011 apud NÓBREGA, 2011).

A presença de biochar no solo modifica suas propriedades físicas, altera sua estrutura, textura, consistência e porosidade, tamanho do poro, a maneira como seu tamanho e sua densidade são distribuídos. Essa mudança faz com que a planta aumente seu crescimento, devido ao fato de aumentar a “disponibilidade de água na área próxima ao sistema radicular” (DOWNIE et al., 2009 apud PETTER & MADARI, 2012).

Qualidades como estrutura porosa e enriquecida em nutrientes e ainda capacidade de retenção de água (PETTER & MADARI, 2012), seriam muito atraentes para jardineiros e agricultores comerciais que estejam em busca de melhorias no solo em longo prazo. “A deterioração do solo pelo esgotamento da matéria orgânica, uso excessivo de fertilizantes químicos e da seca são problemas globais cada vez maiores que contribuem para a fome e a desnutrição” (DACHERY, 2010).

As características do biochar o transformaram em uma das escassas ferramentas que se tem disponível para responder a perguntas de assuntos com os quais se confronta no início do século XXI: “degradação dos solos, escassez de alimentos e fertilizantes, competição por biomassa e escalada das emissões de gases do efeito estufa” (NOVOTNY, 2008).

Ainda pouco pesquisada e aprimorada, a produção de biochar utiliza técnicas simples e ancestrais que podem proporcionar uma saída direta e barata que diminuem os gases do efeito estufa e ainda geram benefícios por estarem estocados no solo (DACHERY, 2010). Entretanto, existem indícios de que “o efeito do biochar em reduções de emissões de gases do efeito estufa não é simples e, muito provavelmente, depende de uma variedade de condições, tais como a fonte de biochar, taxa de aplicação e características do solo” (PETTER & MADARI, 2012, p. 765).

Karhu et al. (2011 apud PETTER & MADARI, 2012) observaram uma diminuição na emissão de gás metano, graças a aplicação de biochar, mas não observaram nenhum efeito sobre o gás carbônico e emissões de óxido nitroso em solo silte-argila do sul da Finlândia. Estima-se que um dos setores econômicos que mais emite óxido nitroso é a agricultura, responsável por 80% das emissões (CERRI & CERRI, 2007 apud PETTER & MADARI, 2012). No Brasil, esses números são maiores e chegam a 87,2% de óxido nitroso liberado na atmosfera por ano devido a atividades agrícolas (animais de pasto, o uso de fertilizantes sintéticos, decomposição dos resíduos e queima, e etc.) (PETTER e MADARI, 2012).

Nesse contexto, e analisando o potencial que o Brasil tem para produzir biochar, a contribuição dessa aplicação ao solo no intuito de reduzir as emissões de gases do efeito estufa, principalmente do óxido nitroso, é um ponto altamente interessante para se estudar e explorar mais a fundo (PETTER e MADARI, 2012). Que o biochar só traz benefícios ao solo e ao ecossistema como um todo é fato, porém, só é preciso aprimorar, ajustar e adequar técnicas e estudar e analisar como se extrair ao máximo para deixá-lo em sua condição ótima para um rendimento e desempenho o mais próximo da perfeição possível.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O charcoal cooler é, sem sombra de dúvidas, completamente viável, principalmente em regiões onde a energia elétrica não estiver disponível e será muito eficaz se no local onde for instalado, as temperaturas não variarem muito e forem acima de 30 °C e a umidade do ar for menor ou igual a 30%. Respeitando esses pré-requisitos básicos para instalação, seu funcionamento ocorrerá perfeitamente e ele exercerá sua função corretamente, ou seja, a vida útil de frutas e legumes aumentará.

O biochar tem grande potencial como condicionador de solo, retentor de água, promotor de uma boa condição para o aumento de populações de microorganismos benéficos e ainda consegue capturar o carbono atmosférico e retê-lo no solo, ou seja, adicioná-lo ao solo só acarreta melhorias para produtores e para quem vive da terra e precisa que ela tenha boa qualidade. Essas melhorias que o biochar proporciona, são a longo prazo, portanto, os solos presenteados com tal componente, manterão sua qualidade por milhares de anos, como é demonstrado pelas terras pretas de índios, só precisa ser mais estudado, desenvolvido e ser colocado em prática para que possa mostrar do que é capaz.

REFERÊNCIAS

- ALHO, C. F. B. V. **Efeitos do uso de resíduos ligno- celulósicos carbonizados (biochar) nas emissões de óxido nitroso do solo.** 2010. 23f. Trabalho de conclusão de curso – Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.
- BRITO, J. O. O uso energético da madeira. **Estudos avançados**, São Paulo, v. 21, n. 59, p. 185-193, 2007.
- CROFOOT, L. **Charcoal Cooler.** Project for Mech425, a Queen's University class on Engineering for Sustainable Development. Canada, 2010. Disponível em: <http://www.appropedia.org/Charcoal_Cooler>. Acesso em: 30 out. 2014.
- DACHERY, J. M. Biochar: Um fertilizante e combatente ao aquecimento global que tem origem na Amazônia. **Portal Brasileiro de Energias Renováveis.** Atualizado em: 12/nov/2010. Disponível em: <http://energiarenovavel.org/index.php?option=com_content&task=view&id=693&Itemid=180>. Acesso em: 26 de agosto de 2014.
- FABIYI, A. O. **Design, Construction and Testing of An Evaporative Cooling Facility for Storing Vegetables.** 2010. 75f. A project report in partial fulfilment of the requirements for the award of bachelor of engineering degree in agricultural engineering University of Agriculture Abeokuta. Nigeria, 2010.
- FREITAS, E. Carvão vegetal. **Brasil Escola.** 2008. Disponível em: <<http://www.brasilecola.com/geografia/carvao-vegetal.htm>>. Acesso em: 28 de agosto de 2014.
- GOK. Economic Survey. **Ministry of Planning and Vision 2030**, Nairobi, Kenya. 2008.
- GOSWAMI, S.; BORAH, A.; BAISHYA, S. **Low cost storage structures for shelf-life extension of horticultural produces.** Journal of Food Science and Technology, v. 45, n. 1, p. 70-74. 2008.
- LABEGALINI, A. **Obtenção de biochar a partir da pirólise rápida da torta de pinhão-manso: uso como adsorvente e suporte.** 2013. 117f. Dissertação de mestrado – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.
- NENGUWO, N. **Appropriate Technology Cold Store Construction and Review of Post-harvest Transport and Handling Practices for Export of Fresh Produce from Rwanda.** Assistance à la Dynamisation de l'Agribusiness au Rwanda (ADAR) Project: USAID/Rwanda, SO3, 2000.
- NOBLE, N. **Evaporative cooling.** Practical Action, Warwickshire: United Kingdom, p. 5, 2003.

NÓBREGA, I. P. C. **Efeitos do biochar nas propriedades físicas e químicas do solo: sequestro de carbono no solo.** 2011. 46f. Dissertação de mestrado – Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa: ISA, 2011.

NOVOTNY, E. H. Biochar. **Revista Opiniões**, n. 12, p. 45, jun./ago. 2008. Disponível em: <<http://revistaonline.revistaopinioes.com.br/revistas/revistas/34/#page/45>>. Acesso em: 28 de agosto de 2014.

ODESOLA, I. F.; ONYEBUCHI, O. A. **Review of Porous Evaporative Cooling for the Preservation of Fruits and Vegetables.** Pacific Journal of Science and Technology, Ibadan, v. 10, n. 2, p. 935-941, nov. 2009. Disponível em: <<http://www.akamaiuniversity.us/PJST.htm>>. Acesso em: 28 de agosto de 2014.

PETTER, F. A.; MADARI, B. E. **Biochar: agronomic and environmental potential in Brazilian savannah soils.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 16, n. 7, p. 761-768, 2012.

REZENDE, E. I. P.; ANGELO, L. C.; DOS SANTOS, S. S.; MANGRICH, A. S. **Biocarvão (Biochar) e Sequestro de Carbono.** Rev. Virtual Quim., Curitiba, v. 3, n. 5, p. 426-433, nov. 2011.

SHITANDA, D.; OLUOCH, O. K.; PASCALL, A. M. **Performance evaluation of a medium size charcoal cooler installed in the field for temporary storage of horticultural produce.** Agricultural Engineering International: CIGR Journal. Manuscript No.1596. v. 13, n. 1, 2011.