



Construção de forno TLUD visando a produção de biocarvão de casca de coco para uso na agricultura

Construction of a kiln for the production of coconut shell biochar for use in agriculture

GONÇALVES; Eliane Cristina Braga Martins¹; MATOS, Patrick Gonçalves²; ROCHINHA, Isabela Da Silva Pedro³; SALCEDO, Ivanovich Lache⁴; VEZZONE, Mariana⁵; CARMO; Dirlane De Fátima⁶

¹Universidade Federal Fluminense, elianebraga@id.uff.br; ²Universidade Federal Fluminense, patrickgoncalvesmatos@id.uff.br; ³Universidade Federal Fluminense, isabelarochinha@id.uff.br;

⁴Universidade Federal Fluminense, ilache@id.uff.br; ⁵Universidade Federal Fluminense, mvezzone@id.uff.br; ⁶Universidade Federal Fluminense, dirlanefc@id.uff.br

RESUMO EXPANDIDO

Eixo Temático: Manejo de Agroecossistemas

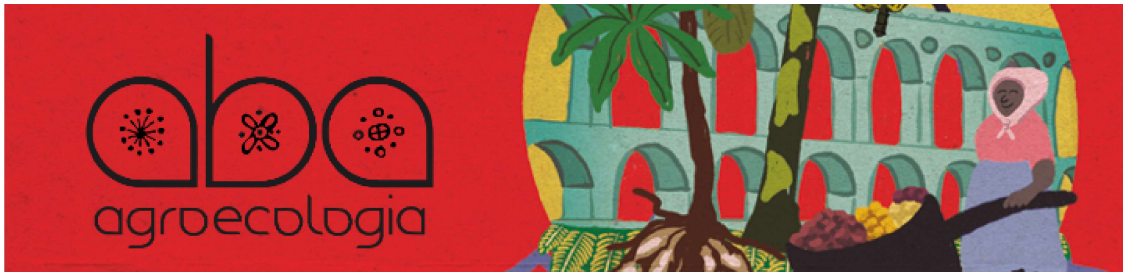
Resumo: O biocarvão (BC) pode promover alterações benéficas nas características do solo quando incorporado neste, e sua produção sendo feita com casca de coco, estimula a sustentabilidade. Para transformar a biomassa do coco em BC, projetou-se e construiu-se um forno do tipo Top-Lit Updraft com materiais de baixo custo, mas capaz de produzir um BC de alta qualidade e com baixa emissão de dióxido de carbono. Experimentos de queima da biomassa foram conduzidos para avaliar características operacionais do forno. O tempo médio da queima da biomassa foi de 186 minutos com uma temperatura média de pirólise de 332°C. O rendimento médio do TLUD foi de 16% , produzindo uma massa total de BC de cerca 2,5 Kg. O TLUD suportou bem as queimas, não apresentando avarias, o que pode ser um bom indicativo de durabilidade. Entretanto, em termos de eficiência de operação, observou-se que condições climáticas interferem diretamente no desempenho do sistema. Assim, recomenda-se o aperfeiçoamento do protótipo.

Palavras-chave: biochar; biomassa; pirólise; protótipo, reator.

Introdução

Acabar com a fome, viabilizar uma agricultura sustentável e promover ações contra a mudança global do clima são Objetivos de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas (ONU, 2015). Eles estão interligados, já que a agricultura é uma das principais atividades antropogênicas responsáveis pelas alterações climáticas (IPCC, 2014). Entretanto, é possível alinhar a produção agrícola a diminuição da emissão de gases de efeito estufa (GEE) através de técnicas de manejo do solo conservacionistas (BESSEN et al., 2018).

O biocarvão, ou biochar (BC) é um resíduo da pirólise da biomassa com alta estabilidade, que é um processo de decomposição térmica com altas temperatura em ausência total ou parcial de oxigênio (CAMPOS et al., 2020; PRAKONGKEP; GILKES; WIRIYAKITNATEEKUL, 2015). Esse insumo tem potencial para sequestrar carbono para o solo (MEDINA et al., 2021), assegurar a fertilidade, favorecer a



fitorremediação, entre outros (MAICAN *et al.*, 2017). Portanto, o BC é uma matéria-prima que pode ser alternativa aos fertilizantes sintéticos (MEDINA *et al.*, 2021), promovendo práticas de manejo sustentável (FATIMA *et al.*, 2021).

Uma solução para produção de BC em baixa escala é o forno Top-Lit Updraft (TLUD). Esse tipo de forno pode ser construído com matérias de baixo custo, porém com garantia de produção do biochar de alta qualidade e com baixa emissão de GEE (MAICAN *et al.*, 2017), o que permite ao produtor familiar a utilização desses sistemas em consonância com as questões ambientais que se apresentam.

Pesquisas já vêm sendo conduzidas a fim de avaliar os efeitos da aplicação do biocarvão e seus impactos na composição do solo e, consequentemente, na produtividade do plantio (PETTER *et al.*, 2016). Mas há que se pensar em alternativas para que o produtor rural possa fabricar o biocarvão em sua propriedade, com a utilização de biomassa oriunda de sua produção. Tudo isso posto, objetivou-se com esse trabalho a construção de fornos de pirólise do tipo TLUD, a partir de materiais de baixo custo e a produção do biocarvão a partir de resíduos de casca de coco.

Metodologia

O projeto foi desenvolvido no Laboratório de Práticas Agrícolas Sustentáveis - LABPAS, localizado no campus da Praia Vermelha da Universidade Federal Fluminense (22°54'28.12"S 43°7'53.224"W). Para a construção do TLUD foi feita uma revisão bibliográfica no banco de dados da Web of Science, PubMed e Periódicos Capes, com as palavras-chaves “biochar”, “biochar production”, “pyrolysis”, “low cost oven” e “TLUD”, com o operador booleano “and” fazendo associações entre elas. Também foram feitas pesquisas nos sites das organizações International Biochar Initiative e CarbonZero. Para a concepção do projeto do forno, além das características operacionais, adotou-se como critério o custo, a facilidade de construção e montagem e a disponibilidade de matéria-prima local.

Para os experimentos de combustão foram utilizados resíduos de 300 cocos verdes coletados em comércios de Niterói. Os cocos foram transportados para o LABPAS, onde foram abertos, limpos e expostos para secagem em ambiente protegido da chuva, mas com circulação de ar natural e exposição solar pelo período de um mês. Foram realizados cinco testes com o reator no TLUD, sendo três com alimentação em 50% e os outros dois com 100% de alimentação. A condução da alimentação foi realizada desta forma para avaliar a variação de temperatura dentro TLUD. Foram avaliadas funcionalidade, durabilidade e facilidade de operação do forno TLUD a partir de dados coletados durante o ensaio de temperatura, umidade e observações visuais e a caracterização do biochar.

Resultados e Discussão

O TLUD foi desenvolvido com matérias locais e de fácil obtenção baseado no projeto de @CarbonZero Sagl (CARBONZERO, [s.d]) e por Karl J. Frogner, PhD (BIOCHARPROJECT, [s.d]), com adaptações. O TLUD foi projetado em com quatro



partes distintas, a primeira é a câmara de combustão, que recebe o combustível de ignição do processo de pirólise. A segunda parte é a câmara de ar primário, cuja função é receber e circular o ar quente produzido pela queima do combustível, transferir o calor para o reator disposto em seu interior e também serve como uma barreira de proteção do reator. A terceira é a câmara de pirólise, que é o reator onde o biocarvão é produzido. A quarta parte é o pós-combustor que possui uma câmara de entrada de ar e uma chaminé, que tem função de expulsar o material volátil (Figura 1).

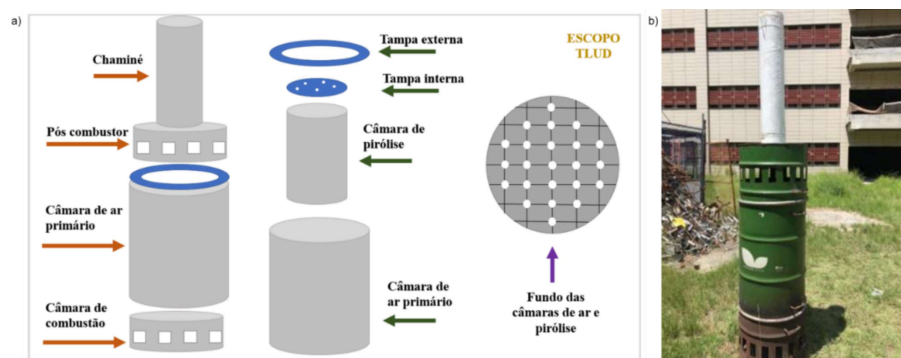


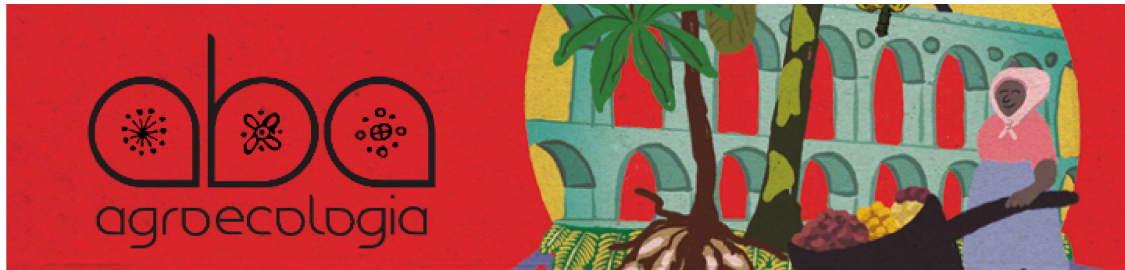
Figura 1: a) Composição do forno de combustão: Adaptado do modelo TLUD. b) TLUD montando, já em uso.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Para a fabricação foram utilizados dois tambores cilíndricos metálicos com tampa removível de 200 L e um de 120 L, sendo um dos maiores cortado ao meio e a parte inferior servindo como câmara de combustão, a superior como pós-combustor e o outro servindo como câmara de ar. O tambor menor foi utilizado para a montagem do reator. No tambor da câmara de combustão foram feitos cortes retangulares, que funcionam como alimentadores para o combustível, e duas alças de vergalhão com função de suporte e junção com a câmara de ar primário. No pós-combustor também foram feitos cortes semelhantes ao anterior e um corte circular central na tampa do tambor para o encaixe da chaminé, que foi feita de cano galvanizado. No tambor utilizado para a câmara de ar primário foram feitos furos na parte inferior para permitir a passagem do ar quente. Duas alças de vergalhão também foram soldadas para suporte e junção com o pós-combustor. Na tampa foi feito um corte circular para servir de encaixe do reator.

A elevação necessária para a passagem do ar quente da câmara de ar primário durante a queima da biomassa foi feita com três tijolos refratários. Por último, o tambor que serve como reator tem furos na parte inferior, permitindo a passagem do ar quente, enquanto na tampa foram feitos furos para saída dos gases voláteis. Para garantir a estabilidade do TLUD foram adicionadas travas de segurança permitindo encaixe entre os equipamentos, sendo reforçado com amarrações em fio de aço metálico.

O controle da temperatura foi feito pelo controlador Novus 1030, que utiliza o sensor Termopar tipo K, que varia de 0 a 1000°C com erro de leitura de $\pm 2^\circ\text{C}$. Esse sistema



foi acoplado a uma caixa de passagem elétrica, apoiada a uma haste metálica, capaz de suportar temperaturas de até 600°C. O gasto total com a confecção do TLUD foi de R\$1602,22, porém os valores variam de acordo com as matérias disponíveis.

Para entender as características operacionais cinco ensaios foram realizados, com tempo médio de queima da biomassa de 186 min e temperatura média de 332°C. A temperatura não sofreu influência com as diferentes alimentações avaliadas. Como o experimento da queima foi feito em fevereiro a umidade relativa do ar e a precipitação foram fatores relevantes, já que o material para combustão estava úmido, o que acarretou na emissão de fumaça pelo TLUD e o poder calorífico do material reduziu em 37% (NONNENMACHER *et al.*, 2011), o que aumentando o tempo de queima e prejudicando a operação do TLUD. A caracterização do biocarvão do forno TLUD é apresentada na tabela 1.

Tabela 1: Dados de produtividade de biocarvão no TLUD.

Descrição	Unidade	Valor
Ensaios	Unid	5
Cocos frescos utilizados	Unid	300
Massa média coco fresco	Kg	0,9
Massa total biomassa fresca	Kg	270
Teor de umidade	(%b.s.)	12,08
Massa média biomassa seca	Kg	32,62
Massa média biocarvão produzido	Kg	2,5
Rendimento Biocarvão	%	7,7

Fonte: Elaborado pelos autores.

O volume médio de preenchimento de biomassa seca no pirolisador foi de cerca de 84 litros e o volume final da biomassa carbonizada (entre cinzas e biocarvão) foi de aproximadamente 13 litros, representando um rendimento médio de 8%. Esses valores são inferiores aos encontrados na literatura (ALEXANDRE, 2019; MATIAS JÚNIOR 2021), onde o rendimento deveria ser entre 10 e 25% (WINTER, 2021), Para entender melhor o funcionamento do TLUD mais ensaios necessitam ser realizados e um acompanhamento prolongado de cada ensaio deve ser realizado, já que é possível que forno tenha continuado em processo de combustão após o período monitorado, gerando cinzas ao invés de carvão e comprometendo o rendimento final de BC no forno, conforme observado por Imbroisi (2015), em seu estudo.

Embora tenha havido todas as interferências relatadas, o TLUD completou o processo de pirólise nos cinco ensaios conduzidos. Ele suportou bem a queima do material e não apresentou avarias aparentes após o uso, o que pode ser um bom indicativo de durabilidade.

Conclusões

O TLUD pode ser construído com materiais de baixo custo, já que os testes realizados permitiram perceber que o material resistiu aos ensaios sem avarias e



produzindo biocarvão. O TLUD de baixo custo é um modelo que pode ser replicado de forma fácil por pequenos agricultores, que além de favorecer a autonomia do produtor rural, possibilita uma produção sustentável e sem uso de insumos químicos. É necessário estudos para avaliar a vida útil desse forno, assim como testar a qualidade do produto final e avaliar melhor a interferência climática sofrida.

Agradecimentos

Agradecemos à Pró-Reitoria de Extensão (PROEX), Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação (PROPI) e a Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) pelo suporte financeiro.

Referências bibliográficas

ALEXANDRE, Jefferson W. da S. **Protótipo de forno de baixo custo para produção de biocarvão da biomassa de coco-babão (*Syagrus Cearensis*)**. 2019, 49 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Metalúrgica) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, 2019.

BESIN, Marcos et al. Soil conservation practices and greenhouse gases emissions in Brazil. **Scientia Agropecuaria**, v. 9, n. 3, p. 429–439, 2018.

CAMPOS, Paloma et al. Biochar amendment increases bacterial diversity and vegetation cover in trace element-polluted soils: A long-term field experiment. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 150, p. 108014, 2020.

CARBONZERO. Small scale biochar kiln: Do-it-yourself low temperature biochar kiln. **CarbonZero**, Astano (Switzerland), [s.d]. Disponível em: http://biochar.info/?p=en.small_scale_biochar_kiln. Acesso em: 29 set. 2022.

DONAGEMA, Guilherme K. et al. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p.

FATIMA, Samar et al. Higher biochar rate strongly reduced decomposition of soil organic matter to enhance C and N sequestration in nutrient-poor alkaline calcareous soil. **Journal of Soils and Sediments**, v. 21, n. 1, p. 148–162, 2021.

MAICAN, Edmond et al. CFD analysis of an improved tlud based equipment for heating small greenhouses and hothouses. **INMATEH-Agricultural Engineering**, v. 53, n. 3, 2017.

MATIAS JR., Marcus V. R. **Análise de eficiência de um forno artesanal para produção de biocarvão**. 2021, 53 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2021.



MEDINA, Jorge *et al.* Utilization of inorganic nanoparticles and biochar as additives of agricultural waste composting: Effects of end-products on plant growth, c and nutrient stock in soils from a mediterranean region. **Agronomy**, v. 11, n. 4, p. 1–16, 2021.

NONNENMACHER, Hélio. *et al.* Análise da influência do teor de umidade no poder calorífico em combustível sólido para geração de vapor d'água. In: SALÃO DE ENSINO E EXTENSÃO, 2011. **Anais [...]**, UNISC, 2011.

ONU. Organização das Nações Unidas. **Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. 2015.

PAINEL INTERGOVERNAMENTAL DE MUDANÇAS DO CLIMA – IPCC. **Fifth Assessment Report: AR5**. 2014.

PARIKH, Jigisha; CHANNIWALA, S. A.; GHOSAL, G. K. A correlation for calculating elemental composition from proximate analysis of biomass materials. **Fuel**, v. 86, n. 12–13, p. 1710–1719, 2007.

PETTER, Fabiano A. *et al.* Biocarvão no solo: aspectos agronômicos e ambientais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AGROPECUÁRIA SUSTENTÁVEL, 8; INTERNATIONAL CONFERENCE ON SUSTAINABLE AGRICULTURE, 5, 2016. **Anais [...]**. Sinop: SIMBRAS, 2016.

PRAKONGKEP, Nattaporn; GILKES, Robert J.; WIRIYAKITNATEEKUL, Wanpen. Forms and solubility of plant nutrient elements in tropical plant waste biochars. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 178, n. 5, p. 732–740, 2015.

SILVA, Edmilson E. da; AZEVEDO, Pedro H. S. de; DE-POLLI, Helvécio. **Determinação do carbono da biomassa microbiana do solo (BMS-C) Embrapa**. 2007.

SOLAIMAN, Zakaria M.; MURPHY, Daniel V.; ABBOTT, Lynette K. Biochars influence seed germination and early growth of seedlings. **Plant and Soil**, v. 353, n. 1, p. 273–287, 2012.

TLUD gassifier with awesome mods by Karl J. Frogner, PhD. **BiocharProject**, Kunghur (Australia), 2011. Disponível em: <http://biocharproject.org/charmasters-log/tlud-gassifier-awesome-modifications-karl-frogner-phd/>. Acesso em 10 out. 2020.

TRAZZI, Paulo A. *et al.* Biocarvão: realidade e potencial de uso no meio florestal. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 2, p. 875–887, 2018.