



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
UNIDADE ACADÊMICA ESPECIALIZADA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL

PLANO DE CURSO	
Componente	EFL0340 – Energia da Biomassa Florestal
Período letivo	2021.2
Horário registrado no SIGAA	2M2345
Pré-requisitos	EFL0331 – Tecnologia de Produtos Florestais
Carga Horária	60 horas
Docentes	Alexandre Santos Pimenta
Ementa	A Energia da biomassa no Contexto Energético brasileiro. Propriedades da biomassa e da madeira para Energia. Combustão direta. Processos de Pirólise e Carbonização. Recuperação e utilização de subprodutos da carbonização. Impacto Ambiental do Carvoejamento. Projetos de Sequestro de Carbono. Gaseificação de Lenha. Densificação de Biomassa para uso como fonte de Energia.
Conteúdos	1. INTRODUÇÃO À ENERGIA DA BIOMASSA FLORESTAL Atualidades em energia da biomassa florestal. Panorama energético internacional, nacional e local. Principais fontes de energia e o seu uso. Balanço energético e aspectos do uso da energia no Brasil e no mundo; 2. FLORESTAS ENERGÉTICAS O que são florestas energéticas, florestas energéticas no Brasil e no mundo, espécies florestais indicadas para produção de energia, implantação de florestas energéticas; 3. COMBUSTÃO Conceito; princípios gerais da combustão; reações da combustão; sistemas de queima controlada; combustão da lenha; fornalhas e caldeiras; 4. BRIQUETAGEM Conceitos; o conceito de densidade energética; mecanismo da briquetagem; matérias primas para briquetagem; máquinas briquetadeiras; queima de briquetes; 5. PELETIZAÇÃO DE BIOMASSA Conceitos e definições; o mecanismo da peletização; importância da peletização; máquinas peletizadoras; normas de qualidade de pellets; matérias primas para peletização; queima de pellets. 6. CARBONIZAÇÃO O fenômeno da carbonização, modelo de carbonização de Holmes, temperatura de carbonização, tempo de carbonização, qualidade da madeira para carbonização, qualidade do carvão vegetal para siderurgia; 7. TECNOLOGIAS DE CARBONIZAÇÃO

	Fornos para carbonização, funcionamento dos fornos de carbonização, fornos rabo-quente, fornos metálicos, fornos retangulares, retortas de carbonização, carbonização com microondas, seleção de tecnologia de carbonização; 8. SIDERURGIA A CARVÃO VEGETAL O que é siderurgia, principais produtos siderúrgicos, uso do carvão vegetal em altos fornos, funcionamento do alto forno, custos do carvão vegetal para siderurgia; carvão mineral x carvão vegetal; 9. SUBPRODUTOS DA CARBONIZAÇÃO Subprodutos da carbonização, recuperação de subprodutos da carbonização, composição do licor pirolenhoso, composição do alcatrão, usos para os subprodutos da carbonização; 10. CARVÃO ATIVADO Conceitos, matérias primas para produção de carvão ativado, processos de produção de carvão ativado, ativação física e ativação química, qualidade do carvão ativado, propriedades e usos do carvão ativado; 11. GASEIFICAÇÃO Conceitos e definições, o princípio da gaseificação, tipos de gaseificadores: contracorrente, concorrente e em leito fluidizado, parâmetros que influenciam o processo de gaseificação, composição do gás pobre, usos do gás de lenha e de carvão vegetal; 12. PRÁTICAS EM ENERGIA DA BIOMASSA FLORESTAL Briquetagem de biomassa para energia, termogravimetria, carbonização de madeira, coleta de subprodutos da carbonização, análise química imediata de carvão vegetal; 13. ELETRICIDADE A PARTIR DA GASEIFICAÇÃO DA BIOMASSA Gaseificação para produção de eletricidade, projetos no Brasil e no mundo; 14. BIORREFINARIAS Introdução. O conceito de biorrefinarias. Tipos de biorrefinarias e seus produtos
Objetivos	Fornecer ao aluno todas as informações necessárias para o conhecimento da geração e uso da energia da biomassa agrícola e florestal em todas as suas modalidades, principais tipos de produtos, características do mercado nacional e internacional, equipamentos para conversão termoquímica de biomassa, substituição de combustíveis fósseis por biomassa e seus derivados.
Metodologia	Aulas expositivas, vídeos, resolução de listas de exercícios, debates em grupo Skype, Google meet, SIGAA, necessária conexão com a internet, celular, notebook ou tablet
Natureza das atividades	Aulas teóricas incluindo atividades síncronas e assíncronas.
Avaliação da aprendizagem	Avaliação: Aplicação de 5 listas de exercícios e 3 provas individuais, tendo estas últimas um tempo síncrono pré-agendado de 90 minutos para o aluno responder e enviar a prova resolvida por via remota. As listas, após disponibilizadas, deverão ser enviadas resolvidas no prazo

	de 7 dias corridos. Para as avaliações, o estudante deverá resolver as provas e as listas de forma remota e enviar as mesmas para o e-mail do professor diretamente ou via SIGAA.
--	---

CRONOGRAMA DE AULAS

Início	Fim	Descrição do Conteúdo	Natureza da atividade
18/10/21	18/10/21	Apresentação da disciplina. 1. INTRODUÇÃO À ENERGIA DA BIOMASSA FLORESTAL Atualidades em energia da biomassa florestal. Panorama energético internacional, nacional e local. Principais fontes de energia e o seu uso. Balanço energético e aspectos do uso da energia no Brasil e no mundo.	Síncrona
25/10/21	08/11/21	2. FLORESTAS ENERGÉTICAS O que são florestas energéticas, florestas energéticas no Brasil e no mundo, espécies florestais indicadas para produção de energia, implantação de florestas energéticas	Síncrona
08/11/21	15/11/21	3. COMBUSTÃO Conceito; princípios gerais da combustão; reações da combustão; sistemas de queima controlada; combustão da lenha; fornalhas e caldeiras;	Síncrona
15/11/21	22/11/21	4. BRIQUETAGEM Conceitos; o conceito de densidade energética; mecanismo da briquetagem; matérias primas para briquetagem; máquinas briquetadeiras; queima de briquetes.	Síncrona
22/11/21	29/11/21	5. PELETIZAÇÃO DE BIOMASSA Conceitos e definições; o mecanismo da peletização; importância da peletização; máquinas peletizadoras; normas de qualidade de pellets; matérias primas para peletização; queima de pellets.	Síncrona
06/12/21	13/12/21	6. CARBONIZAÇÃO O fenômeno da carbonização, modelo de carbonização de Holmes, temperatura de carbonização, tempo de carbonização, qualidade da madeira para carbonização, qualidade do carvão vegetal para siderurgia.	Síncrona
13/12/21	20/12/21	7. TECNOLOGIAS DE CARBONIZAÇÃO Fornos para carbonização, funcionamento dos fornos de carbonização, fornos rabo-quente, fornos metálicos,	Síncrona

		fornos retangulares, retortas de carbonização, carbonização com microondas, seleção de tecnologia de carbonização.	
20/12/21	10/01/22	8. SIDERURGIA A CARVÃO VEGETAL O que é siderurgia, principais produtos siderúrgicos, uso do carvão vegetal em altos fornos, funcionamento do alto forno, custos do carvão vegetal para siderurgia; carvão mineral x carvão vegetal.	Síncrona
10/01/22	17/01/22	9. SUBPRODUTOS DA CARBONIZAÇÃO Subprodutos da carbonização, recuperação de subprodutos da carbonização, composição do licor pirolenhoso, composição do alcatrão, usos para os subprodutos da carbonização.	Síncrona
17/01/22	24/01/22	10. CARVÃO ATIVADO Conceitos, matérias primas para produção de carvão ativado, processos de produção de carvão ativado, ativação física e ativação química, qualidade do carvão ativado, propriedades e usos do carvão ativado.	Síncrona
24/01/22	31/01/22	11. GASEIFICAÇÃO Conceitos e definições, o princípio da gaseificação, tipos de gaseificadores: contracorrente, concorrente e em leito fluidizado, parâmetros que influenciam o processo de gaseificação, composição do gás pobre, usos do gás de lenha e de carvão vegetal.	Síncrona
31/01/22	31/01/22	12. ELETRICIDADE A PARTIR DA GASEIFICAÇÃO DA BIOMASSA Gaseificação para produção de eletricidade, projetos no Brasil e no mundo.	Síncrona
07/02/22	14/02/22	13. BIORREFINARIAS Introdução. O conceito de biorrefinarias. Tipos de biorrefinarias e seus produtos.	

AVALIAÇÕES:

Data	Hora	Descrição	Ferramenta de aplicação
06/12/2021	8:00	1ª Avaliação	Prova Individual I – atividade síncrona em sala de aula virtual
-	-	2ª Avaliação	Listas de Exercícios – atividades assíncronas
07/02/2022	8:00	3ª Avaliação	Prova Individual II – atividade síncrona em sala de aula virtual
14/02/2022	8:00	Reposição	Prova Individual – atividade síncrona em sala de aula virtual

REFERÊNCIAS BÁSICAS:

Descrição
Indústria Brasileira de Árvores – IBÁ. Anuário Estatístico 2020. São Paulo-SP.
Hilst, Floor van.; Hoefnagels, Ric; Junginger, Martin; Shen, Li; Wicke, Bircka. Sustainable biomass for energy and materials: a greenhouse gas emission perspective. Working paper, Copernicus Institute of Sustainable Development, Utrecht University, Netherlands, 2015, 20 p.

REFERÊNCIAS COMPLEMENTARES:

Descrição
Arruda, T. P. M.; Pimenta, A. S.; Vital, B. R.; Della Lúcia, Ricardo Marius; Acosta, F.C. Avaliação de duas rotinas de carbonização em fornos retangulares. Revista Árvore, v. 35, p. 949-955, 2011.
Bezerra, R.; Neves, A.; Pimenta, A.S.; Lima, K.M.G. Estimating of Brazilian charcoal properties using attenuated total reflectance-Fourier transform infrared (ATR-FTIR) spectrometry coupled with multivariate analysis. Analytical Methods (Print), v. 1, p. 20-25, ago, 2015.
Souza, E.C.; Pimenta, A.S.; Ferreira, A.J.; Braga, R.M.; Azevedo, T.K.B.; Medeiros Neto, P. N. Efficiency of H2O2-treated eucalyptus biochar on the removal of Cu(II), Cd(II) and Ni(II) from aqueous solution. REVISTA BRASILEIRA DE CIENCIAS AGRARIAS, v. 15, p. 1-13, 2020.
Souza, E.C.; Pimenta, A. S.; Ferreira, A.J.; Nascimento, P. F. P.; Ogalo, J. O. Oxidized eucalyptus charcoal: a renewable biosorbent for removing heavy metals from aqueous solutions. BIOMASS CONVERSION AND BIOREFINERY, p. 1, 2021.

Diesel, K.M.F.; Costa, F.S.L.; Pimenta, A.S.; Lima, K.M.G. Near-infrared spectroscopy and wavelength selection for estimating basic density in *Mimosa tenuiflora* [Willd.] Poiret wood. *Wood Science and Technology*, v. 48, p. 949-959, 2014.

ENERGY BIOSCIENCES INSTITUTE. Biomass in the energy industry: an introduction. BP p.l.c., London, UK, 2014, 122 p. FEDERAL MINISTRY FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT. Wood energy: renewable, profitable and modern. Technical Bulletin, Berlin, Germany, 2014, 40 p.

Ferreira, L.M.; Melo, R.R.; Pimenta, A.S.; Azevedo, T.K.B.; Souza, C.B. Adsorption performance of activated charcoal from castor seed cake prepared by chemical activation with phosphoric acid. *BIOMASS CONVERSION AND BIOREFINERY*, p. 1, 2020.

Fonseca, C.M.B.; Oliveira, E.; Calegari, L.; Pimenta, A. S.; Souza, P.F.; Costa Jr., D. S. Potencial energético do carvão do *Ziziphus joazeiro* (Martius) e da *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. *CIÊNCIA FLORESTAL*, v. 30, p. 613-619, 2020.

Mathioudakis, V.; Gerbens-Leenes, P.W.; Van der Meer, T.H.; Hoekstra, A.Y. The water footprint of second-generation bioenergy: a comparison of biomass feedstocks and conversion techniques. *Journal of Cleaner Production*, v. 148, p. 571-582, 2017.

Medeiros, L.C.D.; Pimenta, A.S.; Braga, R.M.; Azevedo, T.K.B.; Medeiros Neto, P.N.; Melo, D.M.A. Effect of pyrolysis heating rate on the chemical composition of woode vinegar from *Eucalyptus urograndis* and *Mimosa tenuiflora*. *Revista Árvore* (on-line), v. 43, p. 1-11, 2019.

Miranda, N.O.; Melo, I.G.C.E.; Pimenta, A.S.; Góes, G.B.; Silva, G.G.C.; Oliveira, E.M.M. Effect of biochar application on production parameters of two cowpea cultivars planted in succession in five soils from the Brazilian semiarid region. *Arabian Journal of Geosciences*, v. 13, p. 506-516, 2020.

Miranda, N. O.; Pimenta, A. S.; Silva, G. G. C.; OLIVEIRA, E. M. M.; Carvalho, M.A.B. Biochar as soil conditioner in the succession of upland rice and cowpea fertilized with nitrogen. *Revista Caatinga*, v. 30, p. 313-323, 2017.

Pimenta, A.S.; Fasciotti, M.; Monteiro, T.V.C.; Lima, K.M.G. Chemical Composition of Pyroligneous Acid Obtained from *Eucalyptus* GG100 Clone. *MOLECULES*, v. 23, p. 426, 2018.

Pimenta, A.S.; Monteiro, T.V.C.; Fasciotti, M.; Braga, R.M.; Souza, E.C.; Lima, K.M.G. Fast pyrolysis of trunk wood and stump wood from a Brazilian eucalyptus clone. *INDUSTRIAL CROPS AND PRODUCTS*, v. 125, p. 630-638, 2018.

Pimenta, A.S.; Fasciotti, M.; Monteiro, T.V.; Souza, E.C. Chemical profiling of liposoluble liquid smokes obtained from *Eucalyptus* wood tar: confirmation of absence of polycyclic aromatic hydrocarbons. *FOOD ADDITVES & CONTAMINANTS - PART A - CHEMISTRY, ANALYSIS*, v. 37, p. 1-13, 2020.

Santos, R.C.; Castro, R.V.O.; Carneiro, A.C.O.; CASTRO, A.F.M.; PIMENTA, A.S.; PINTO, E.M.; MARINHO, I.V. Estoques de volume, biomassa e carbono na madeira de espécies da Caatinga em Caicó, RN. *Pesquisa Florestal Brasileira* (Impresso), v. 36, p. 1-7, 2016.

Silva, J.E.; Melo, D.M.A.; Melo, M.A.F.; Aguiar, E.M.; Pimenta, A.S.; Medeiros, E.P.; Calixto, G.Q; Braga, R.M. Energetic characterization and evaluation of briquettes produced from naturally colored cotton waste. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 26, p. 14259-14265, 2019.

Soares, W.; Lira, G.; Dias, G.; Pimenta, A.S.; Pereira, A.F.; Benicio, L.M.; Rodrigues, G.; Amora, S.A.; Alves, N.; Feijó, M.M.C. Pyroligneous acid from *Mimosa tenuiflora* and *Eucalyptus urograndis* as an antimicrobial in dairy goats. *JOURNAL OF APPLIED MICROBIOLOGY*, p. 1, 2020.

Trompowsky, P.M.; Benites, V.M.; Madari, B.E.; Pimenta, A. S.; Hockaday, W.C.; Hatcher, P.G. Characterization of humic like substances by chemical oxidation of eucalyptus charcoal. *Organic Geochemistry*, USA, v. 36, p. 1480-1489, 2005.

