

PRODUÇÃO CIENTÍFICA DO ENERBIO E PRÓ-INTEGRAÇÃO: UMA ABORDAGEM INTERDISCIPLINAR SOBRE BIOMASSA ENTRE OS ANOS 2013 E 2017

Rafael Ninno Muniz¹ ; José Alberto Silva de Sá², Brigida Ramati Pereira da Rocha³

Resumo

O Grupo de Pesquisa Enerbio existe desde 2000 e já realizou diversos trabalhos relacionados ao uso sustentável da biomassa como fonte de energia. Atuando nas áreas social, ambiental e econômica, objetiva o desenvolvimento de tecnologia para geração de energia elétrica a partir da utilização de resíduos de biomassa característicos da flora paraense. O Projeto “Quantificação de biomassa nativa e secundária para o financiamento do desenvolvimento regional no estado do Pará”, integrante do Pró-Integração – CAPES, tem como objetivo promover tecnologias inovadoras que possam basear o desenvolvimento regional no contexto da formação de mercados de novos produtos e de valorização institucional de bens ambientais, o que exige a solução dos problemas afetos à quantificação e valoração de recursos naturais, tanto no que se refere à biomassa em formações nativas ou secundárias, quanto no que trata os balanços que a ela se referem, de emissão e sequestro de CO₂ e de biodiversidade. O propósito desse artigo foi realizar uma revisão da produção científica conjunta (interface) do Enerbio e do Pró-Integração relacionada à biomassa e bioenergia e mostrar a contribuição do grupo de pesquisa para a ciência no Brasil e na Amazônia. Trata-se de uma pesquisa bibliográfica, de nível exploratório-descritivo, com intervalo de análise entre os anos de 2013 a 2017. Os resultados indicaram que os trabalhos desenvolvidos atuaram como subsídio no fortalecimento da parceria entre instituições de pesquisa e na formação de recursos humanos qualificados em questões ambientais, como o planejamento energético sustentável.

PALAVRAS-CHAVE: Planejamento energético; Sustentabilidade; Gaseificação; Pirólise.

Introdução

Esse trabalho propõe realizar uma revisão bibliográfica da produção conjunta do Grupo de Pesquisa Enerbio com o Projeto Pró-Integração, entre os anos de 2013 a 2017. Essa pesquisa tem sua relevância devido à importância histórica do grupo para pesquisas em biomassa e bioenergia no país, que se caracteriza pelo pioneirismo na área de biomassa, com sua fundação datada do ano 2000.

O Enerbio objetiva o desenvolvimento de tecnologia para geração de energia elétrica a partir da utilização de resíduos de biomassa característicos da flora paraense. Essa utilização é de grande importância para a sustentabilidade de atividades de exploração agrícola e florestal em especial as relacionadas a fruticultura, uma vez que, as espécies de maior valor econômico no Estado (por exemplo: açaí, bacuri, cupuaçu, castanha do Pará, dendê e cacau) geram uma quantidade apreciável de resíduos quando de sua exploração.

1. Mestre – Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica, Belém, Pará, muniz@ieec.org

2. Doutor – Universidade do Estado do Pará, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Belém, Pará

3. Doutora – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica; Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia, Belém, Pará

Desde sua criação foram implantadas três unidades de produção de energia elétrica utilizando resíduos de biomassa, duas no município de Abaetetuba e uma no Marajó. Essas comunidades utilizam resíduos de açaí obtidos de atividades de extrativismo sustentável, de forma a atender às necessidades da comunidade e também servir de demonstração de uso dessas tecnologias para solução de problemas energéticos no Estado.

O Projeto Pró-Integração tem como objetivo a “Quantificação de Biomassa Nativa e Secundária para o Financiamento do Desenvolvimento Regional no Estado do Pará”. Executado em parceria entre o Núcleo de Altos Estudos Amazônicos (NAEA) e o Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica (PPGEE), ambos da Universidade Federal do Pará, em conjunto com o Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCA) da Universidade do Estado do Pará e o Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia (CENSIPAM), o projeto visa o fortalecimento da parceria entre essas instituições no desenvolvimento de pesquisas e formação de recursos humanos qualificados para tratar da economia das questões ambientais e da valorização de ambientes e áreas protegidas.

O propósito desse artigo é fazer uma revisão da produção científica conjunta relacionada à energia da biomassa entre o Enerbio e o Projeto Pró-Integração, mostrar a contribuição ao avanço da pesquisa em bioenergia no Brasil e em especial à região amazônica e resgatar a importância histórica do pioneirismo do grupo de pesquisa na área de biomassa.

Metodologia

A pesquisa classifica-se, quanto aos seus fins, como exploratória e descritiva, na medida em que compreende um levantamento de referencial teórico com foco em energia da

biomassa, produzido entre os anos 2013 a 2017. Quanto aos seus meios, classifica-se como pesquisa bibliográfica, pois utiliza de artigos publicados em periódicos e anais de congressos, além de dissertações e teses.

Entre as diversas linhas de pesquisa que o grupo atua, o foco no uso de biomassa residual para geração de energia é um dos eixos principais. Analisando as publicações voltadas para bioenergia, verifica-se que elas relacionam o uso da biomassa para o desenvolvimento regional sustentável e objetiva facilitar o planejamento energético com fontes renováveis de biomassa.

Resultados e Discussões

Na Tabela 1 (em anexo) temos a relação das produções científicas organizadas por ordem cronológicas. Ressalta-se que o grupo de pesquisa existe desde o ano 2000, já tendo formado diversos pesquisadores ao longo de sua existência. Porém a proposta desse artigo é analisar a produção científica nos últimos 5 anos, o qual compreende o período entre 2013 e 2017.

Com destaque para a importância estratégica do uso da biomassa energética para o desenvolvimento das regiões isoladas da Amazônia, Muniz (2013) e Souza et al. (2015a, 2015b) realizaram um diagnóstico energético que mostrou o potencial solar, eólico e biomassa em uma comunidade quilombola no estado do Pará. O estudo apresentou uma comparação entre essas fontes renováveis e o sistema convencional diesel, com o objetivo de fornecer atendimento energético para uma agroindústria de despulpamento de açaí na comunidade. Dentre as diversas tecnologias existentes, os autores concluem que os sistemas de gaseificação se mostraram viáveis para atendimento energético nas comunidades isoladas, devido ao fácil aprendizado do conteúdo tecnológico, que permite uma transferência de tecnologia para a comunidade em questão, requisito fundamental para o sucesso de empreendimentos energéticos no interior da Amazônia. Os trabalhos também apresentaram resultados da análise financeira e

socioeconômica dos três sistemas de energia, e Souza et al. (2015b) realizou o cálculo dos índices de emissão de gases de efeito estufa inerente aos diversos sistemas de conversão de energia, de acordo com suas aplicações e características específicas. Também foi descrito que a integração do projeto de usina de gaseificação de biomassa à agroindústria de despolpamento de açaí da comunidade isolada, permite utilizar os resíduos para gerar energia suficiente para suprir inteiramente a demanda energética da agroindústria e da comunidade (MUNIZ; ROCHA, 2013; SOUZA et al., 2015a, 2015b).

Com o objetivo de comparar o uso de sistemas de gaseificação de biomassa residual e mostrar sua viabilidade, Kühl et al. (2015a) fez uma avaliação de sistemas alternativos (solar, eólico e de biomassa) para suprir a demanda energética do restaurante universitário da Universidade Federal Rural da Amazônia. Ao comparar as tecnologias escolhidas, os resultados auferidos à gaseificação mostraram-se mais competitivos em custo de geração, onde a análise econômica resultante considerou os parâmetros como valor presente líquido (VPL), taxa interna de retorno (TIR), relação benefício-custo e tempo de retorno do investimento (*payback*) (KÜHL et al., 2015a).

Na perspectiva da universalização do acesso à energia elétrica, Muniz e Rocha (2014) e Muniz, Sá e Rocha (2015), mostraram como o planejamento energético brasileiro vem progressivamente dando ênfase à utilização de fontes renováveis de energia. Os trabalhos objetivaram analisar como o governo brasileiro vem adaptando a sua estrutura institucional, tecnológica e de financiamento para fornecer acesso universal à eletricidade em áreas remotas. A iniciativa do Programa Luz Para Todos provou ser eficaz em sua primeira fase, que foi desenvolvida pela extensão de rede convencional. Porém, o estudo concluiu que o

programa atualmente não converge para o atendimento pleno do acesso à eletricidade em áreas remotas na Amazônia e três principais desafios foram identificados: necessidade de adaptar as estruturas institucionais existentes, harmonizar as tecnologias para o contexto regional e utilizar fundos governamentais de forma mais eficaz. A pesquisa apontou caminhos e alternativas para o modelo vigente nos sistemas isolados, com a proposta de contribuir com os resultados do estudo para o desenvolvimento de políticas públicas e projetos de pesquisa para o acesso universal à eletricidade na Amazônia (MUNIZ; ROCHA, 2014; MUNIZ; SÁ; ROCHA, 2015).

Com o objetivo de estudar o aproveitamento energético de resíduos sólidos urbanos, Kühl et al. (2015b) realizou um estudo comparativo entre as diversas tecnologias de tratamento térmico de resíduos, com foco na incineração, gaseificação e pirólise. Este estudo buscou comparar as tecnologias supracitadas de acordo com a viabilidade energética e a sustentabilidade do sistema, e apontou qual a melhor tecnologia para o tratamento térmico dos resíduos concomitantemente a geração de energia elétrica. Os resultados apresentaram a pirólise como a tecnologia mais viável energética, econômica, social e ambientalmente, sendo um sistema de alta sustentabilidade. A gaseificação também foi considerada um sistema de alta sustentabilidade, desde que trabalhe com alimentação de biomassa seca e homogênea. Por fim, a incineração foi considerada um sistema de baixa sustentabilidade devido ao elevado custo de implantação e ao alto índice de impacto ambiental (KÜHL et al., 2015b).

Em continuidade aos estudos de pirólise de resíduos sólidos urbanos, Brasileiro et al. (2015) e Muniz (2015) realizaram estudos de caso no fornecimento de energia elétrica para o município de São Sebastião da Boa Vista, localizada na Ilha de Marajó. A abordagem desse trabalho foi energética, onde mostrou como é o sistema de geração local, feito via sistema isolado composto

por seis geradores movidos a óleo diesel, e propôs uma tecnologia alternativa com base em pirólise, que possibilita gerar gás de síntese para produção de eletricidade, o que pode suprir até 25% do consumo de diesel do município. Concluiu-se que este tratamento pode tornar-se uma alternativa aos aterros sanitários, inviáveis para a região do Marajó, devido ao ecossistema amazônico composto de várzeas, pois além de diminuir a dependência de combustíveis fósseis para geração de eletricidade nos sistemas isolados, será uma solução local e descentralizada com benefícios ambientais, que propicia saneamento básico, redução de emissões atmosféricas e descontaminação do solo (BRASILEIRO et al., 2015; MUNIZ, 2015).

Com pesquisas na área de sensoriamento remoto, Gonçalves et al. (2016), Tenório (2016), Pereira (2016) e Gonçalves (2016), objetivaram a classificação de tipologias florestais por meio de redes neurais artificiais, utilizando dados provenientes de um inventário florestal. Os resultados obtidos evidenciaram a aplicação dessa metodologia na análise de áreas com potencial para prestar serviços ecossistêmicos e, principalmente, na prestação de serviços ambientais em áreas antrópicas que adotam sistema de produção agropecuária com baixa emissão de carbono na Amazônia (GONÇALVES et al., 2016; GONÇALVES, 2016; PEREIRA, 2016; TENÓRIO, 2016).

Conclusões

O Projeto Pró-Integração desde o início teve como propósito formar uma rede de pesquisadores na área de biomassa e bioenergia, para promover o desenvolvimento regional sustentável do estado do Pará. Os objetivos do projeto foram cumpridos e no presente trabalho pode-se conhecer as principais publicações em bioenergia resultantes do período entre 2013 e 2017.

Além da contribuição direta na formação da rede de pesquisadores entre as instituições participantes do Pró-Integração, o Enerbio deixa como legado um desenvolvimento tecnológico de grande relevância para a Amazônia, resultado da cooperação técnica com o Instituto Indiano de Ciências, que permitiu transferir a tecnologia dos gaseificadores modelo indiano de topo aberto para a UFPA. Na ocasião da transferência tecnológica, foi incubada uma empresa de base tecnológica para construção dos sistemas de gaseificação de pequeno porte para aproveitamento energético de biomassa residual da floresta amazônica.

Diversos estudos e projetos resultaram dessa incubação, com o levantamento de potencial energético de vários insumos oriundos da flora amazônica como a casca do cacau, caroços de açaí, casca da castanha, sementes oleaginosas, entre outros. Essa cooperação técnica envolveu também instituições de pesquisa externas aos Pará como a Universidade Federal do Acre e a Universidade Federal do Amazonas, integrando assim a região amazônica.

A produção científica do Enerbio evidencia a interdisciplinaridade do grupo, que unifica diversas áreas de pesquisa com o planejamento energético: dos sistemas de gaseificação e pirólise para aproveitamento energético de resíduos, ao sensoriamento remoto e redes neurais. Os resultados dessa produção científica mostram que os trabalhos desenvolvidos atuaram como subsídio no fortalecimento da parceria entre instituições de pesquisa e na formação de recursos humanos qualificados em questões ambientais, como o planejamento energético sustentável.

Agradecimentos

À CAPES pelo suporte financeiro. Ao CENSIPAM pela estrutura física utilizada pelo grupo Enerbio e parceria nos projetos. Ao NAEA, ao PPGE e ao PPGCA por todo auxílio na formação dos recursos humanos dentro da temática biomassa e bioenergia.

Referências

BRASILEIRO, B. C. et al. **Solid Waste Treatment Technology Application for Electricity Generation in Isolated Systems in the Amazon: A Case Study in São Sebastião da Boa Vista on Marajó Island, PA.** XI Latin-American Congress on Electricity Generation and Transmission. *Anais...*São José dos Campos: 2015.

BRASILEIRO, B. C. **Análise de um modelo energético baseado no uso da biomassa residual local em comunidades isoladas no entorno da UHE de Tucuruí, PA.** Belém: Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal do Pará, 2017.

ELAJE, A. S. A. et al. **Eficiência e Intensidade Energética: Um estudo comparativo entre Brasil e Canadá.** 10º Congresso Internacional de Bioenergia. *Anais...*São Paulo: 2015.

GONÇALVES, W. G. et al. Classificação de estratos florestais utilizando redes neurais artificiais e dados de sensoriamento remoto. *An Interdisciplinary Journal of Applied Science Ambient. Água*, v. 11, n. 3, 2016.

GONÇALVES, W. G. E. **Classificação de Estratos Florestais e Estimativa de biomassa arbórea por meio de Inventário Florestal com o uso de redes neurais artificiais associadas a dados de sensoriamento remoto no Conjunto de Glebas Estaduais Mamuru-Arapiuns – Pará – Brasil.** Belém: Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade do Estado do Pará, 2016.

KÜHL, R. M. et al. **Alternative Systems Assessment to Electricity and Thermal Generation: a Case Study in University Restaurant at University of Rural Federal Amazon (UFRA) - PA.** VI Congreso Interamericano de Residuos Sólidos. *Anais...*San Salvador: Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 2015a.

KÜHL, R. M. et al. **Tecnologia Para Tratamento Térmico de Resíduos Sólidos: Uma Abordagem Energética.** 10º Congresso Internacional de Bioenergia. *Anais...*São Paulo: 2015b.

KÜHL, R. M. **Geração de energia elétrica a partir dos resíduos do processo de beneficiamento do óleo de palma: uma abordagem sustentável para a recuperação de áreas degradadas no Estado do Pará.** Belém: Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal do Pará, 2017.

MUNIZ, R. N. **Desafios e Oportunidades para o Acesso Universal à Energia Elétrica na Amazônia.** Belém: Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica)

- Universidade Federal do Pará, 2015.

MUNIZ, R. N.; ROCHA, B. R. P. **Gaseificação de Biomassa Residuíria na Amazônia: Estudo de Caso em Comunidade Quilombola no Pará.** 8º Congresso Internacional de Bioenergia. *Anais...*São Paulo: 2013.

MUNIZ, R. N.; ROCHA, B. R. P. **Desafios e Oportunidades para a Universalização do Acesso à Eletricidade em Áreas Remotas na Amazônia.** 9º Congresso Internacional de Bioenergia. *Anais...*São Paulo: 2014.

MUNIZ, R. N.; SÁ, J. A. S. DE; ROCHA, B. R. P. **Challenges and Opportunities for Universal Access to Electricity in the Amazon.** 5th IYCE International Youth Conference in Energy. *Anais...*Pisa, Italy: 2015.

PEREIRA, T. DAS G. **Aplicação de algoritmo computacional baseado em distância para classificações automáticas de tipologias florestais e de classes de volume de biomassa florestal nas Glebas Mamuru-Arapiuns localizadas no estado do Pará.** Belém: Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade do Estado do Pará, 2016.

SOUZA, N. P. DE et al. **A Biomassa Entre As Vocações Energéticas Da Amazônia : Comparativo Financeiro E Socioeconômico De Sistemas De Energia Aplicáveis À Uma Comunidade.** 10º Congresso sobre Geração Distribuída e Energia no Meio Rural. *Anais...*São Paulo: 2015a.

SOUZA, N. P. DE et al. **Electricity Generation from Residual Biomass: Project Plant Gasification Jenipaúba, Abaetetuba, PA.** XI Latin-American Congress on Electricity Generation and Transmission. *Anais...*São José dos Campos: 2015b.

TENÓRIO, R. S. **Classificação de vegetação em Concessões Florestais: Estudo no Conjunto de Glebas Estaduais Mamuru-Arapiuns (Pará), baseado em técnicas de inteligência computacional, sensoriamento remoto e inventário florestal.** Belém: Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade do Estado do Pará, Centro de Ciências Naturais e Tecnologia, 2016.

Tabela 1 - Produção científica em biomassa do ENERBIO entre 2013 e 2017

Título	Publicação	Autor	Tema
Gaseificação de Biomassa Residuária na Amazônia: estudo de caso em comunidade quilombola no Pará	8º. Congresso Internacional de Bioenergia	(MUNIZ; ROCHA, 2013)	Gaseificação
Desafios e Oportunidades para Universalização do Acesso à Eletricidade em Áreas Remotas na Amazônia	9º. Congresso Internacional de Bioenergia	(MUNIZ; ROCHA, 2014)	Planejamento Energético
Alternative Systems Assessment to Electricity and Thermal Generation: a Case Study in University Restaurant at University of Rural Federal Amazon (UFRA) - PA	VI Congresso Interamericano de Resíduos Sólidos	(KÜHL et al., 2015a)	Planejamento Energético
A Biomassa entre as vocações energéticas da Amazônia: comparativo financeiro e socioeconômico de sistemas de energia aplicáveis a uma comunidade isolada no Pará	10º. Congresso sobre Geração Distribuída e Energia no Meio Rural	(SOUZA et al., 2015a)	Planejamento Energético
Desafios e Oportunidades para o Acesso Universal à Energia Elétrica na Amazônia	Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica – UFPA	(MUNIZ, 2015)	Planejamento Energético
Eficiência e Intensidade Energética: um estudo comparativo entre Brasil e Canadá	10º. Congresso Internacional de Bioenergia	(ELAJE et al., 2015)	Planejamento Energético
Tecnologias para tratamento térmico de resíduos: uma abordagem energética	10º. Congresso Internacional de Bioenergia	(KÜHL et al., 2015b)	Tratamento Térmico de Resíduos
Electricity Generation from Residual Biomass: Project Plant Gasification Jenipauá, Abaetetuba, PA	The XI Latin-American Congress on Electricity Generation and Transmission	(SOUZA et al., 2015b)	Gaseificação
Solid Waste Treatment Technology Application for Electricity Generation in Isolated Systems in the Amazon: A Case Study in São Sebastião da Boa Vista on Marajó Island, PA	The XI Latin-American Congress on Electricity Generation and Transmission	(BRASILEIRO et al., 2015)	Pirólise
Challenges and Opportunities for Universal Access to Electricity in the Amazon	5th International Youth Conference on Energy	(MUNIZ; SÁ; ROCHA, 2015)	Planejamento Energético
Classificação de estratos florestais utilizando redes neurais artificiais e dados de sensoriamento remoto	An Interdisciplinary Journal of Applied Science Ambiente & Água	(GONÇALVES et al., 2016)	Sensoriamento Remoto
Estimativa da biomassa em floresta ombrófila densa aluvial da região amazônica com o uso de redes neurais artificiais associadas a dados de sensoriamento remoto	Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais – UEPA	(GONÇALVES, 2016)	Sensoriamento Remoto e Redes Neurais
Classificação de vegetação em Concessões Florestais: Estudo no Conjunto de Glebas Estaduais Mamuru-Arapiuns (Pará), baseado em técnicas de inteligência computacional, sensoriamento remoto e inventário florestal	Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais – UEPA	(TENÓRIO, 2016)	Sensoriamento Remoto
Aplicação de algoritmo computacional baseado em distância para classificações automáticas de tipologias florestais e de classes de volume de biomassa florestal nas Glebas Mamuru-Arapiuns localizadas no estado do Pará	Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais – UEPA	(PEREIRA, 2016)	Sensoriamento Remoto
Análise de um modelo energético baseado no uso da biomassa residual local em comunidades isoladas no entorno da UHE de Tucuruí, PA	Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica – UFPA	(BRASILEIRO, 2017)	Planejamento Energético
Geração de energia elétrica a partir dos resíduos do processo de beneficiamento do óleo de palma: uma abordagem sustentável para a recuperação de áreas degradadas no Estado do Pará	Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica – UFPA	(KÜHL, 2017)	Planejamento Energético

Fonte: Autores.