

**VIABILIDADE DO MANEJO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU) DE ORIGEM VEGETAL COMO INSUMO ENERGÉTICO**

Vítor Assis Francelino Aragão (\*), Leandro de Oliveira Leite

\* Universidade de Brasília – FAV (Gestão de Agronegócios); [viktor-aragao@uol.com.br](mailto:viktor-aragao@uol.com.br).

**RESUMO**

O artigo trata de novas abordagens quanto ao gerenciamento de resíduos vegetais oriundos de atividades de poda de vegetação no meio urbano, sejam estes galhos de árvores perenes ou capim crescente em terrenos públicos ou canteiros de rodovias, no âmbito do Distrito Federal, nos termos do preconizado pela Política Nacional de Resíduos sólidos. Ao longo do artigo são elencadas dificuldades a serem contornadas a fim de se viabilizar tal processo, nos aspectos técnico (conversão da energia), operacional (logística e parâmetros legais) e de financiamento (linhas de crédito direcionado e meio de captação de recursos conforme previsão legal e mesmo reservas de mercado própria), a fim de viabilizar a implantação de uma unidade piloto, com operação e manutenção vinculadas à Universidade de Brasília, conferindo utilidade acadêmica à mesma, mediante a dinamização de unidades de pesquisa com afinidade pelo tema.

**PALAVRAS-CHAVE:** Bioenergia; resíduos sólidos urbanos; gasificação; briquetagem; cogeração de energia.

**ABSTRACT**

This academic paper aims to make different approaches about the management of rubbish derived from the lopping of urban trees and sedge (urban straw and grass, growing in public lands and beside the public and maybe private roads and avenues), in accordance with the Brazilian National Policy of Rubbish Management. Along the paper it will be cited the difficulties that can be found, and the adopted choices to try to mitigate or even surpass them, in order of to make feasible the operation of a small thermoelectric conversion unit powered by such kind of waste. It will be presented some solutions comprising the aspects of financing, logistics, operational mode, according with the suggestion of how to conceive and implement a small thermoelectric, in the concept of the Biomass Integrated Gasification – Gas Turbine (BIG-GT) plant incorporated to the facilities of Universidade de Brasília main campus, giving an academic appeal to the project, taking the attention and collaboration of some institutes of University with activities related with the operation of the referred micro power plant.

**KEY WORDS:** Bioenergy; urban solids rubbish; gasification; briquette making; energy cogeneration.

**ATENÇÃO:** A área que está sombreada (em amarelo) é a que poderá ser livremente editada pelo autor do trabalho. Isto é para proteger o cabeçalho e o rodapé de eventuais desformatações. Posteriormente, a Comissão Organizadora retirará este sombreado e transformará o texto em arquivo PDF.

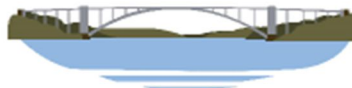
**INTRODUÇÃO**

Ao longo deste artigo serão expostas proposições para o condicionamento (preparo com processos mecânicos, térmicos e químicos) de refugos lenhosos (galhos de árvores do meio urbano) e gramíneas (capim), obtidos pela empresa distrital de limpeza urbana – NOVACAP –, por meio do Serviço de Limpeza Urbana e seus subcontratados. São feitas considerações a respeito da adequação da biomassa já transformada em combustível (briquete, pellet ou mesmo gás de síntese) para a utilização em cada um dos processos possíveis, considerando a viabilidade técnica e econômica de cada qual.

O enfoque adotado é a utilização do referido material como insumo energético (bioenergia), por meio da obtenção de energia elétrica e térmica do mesmo, através do condicionamento desta biomassa de forma viabilizar o uso da totalidade do potencial energético do material processado em reações de combustão completa, reduzindo-o às suas cinzas. Desta feita, após se encaminhar essas cinzas para a análise laboratorial, no âmbito do monitoramento das atividades dos equipamentos, finalmente serão destinadas a outros laboratórios (ex.: Laboratório de Materiais Combustíveis e Laboratório de Energias Renováveis –Campus Gama) e institutos universidade, ou mesmo como insumo produtivo de atividades agrícolas (ex.: Fazenda Água Limpa - FAL).

**CONCEITOS:**

Existem alternativas para energia, desde formas mais tradicionais (carvão, gás, etanol, etc.) como tecnologias mais avançadas (briquete, pellet, biodiesel, biogás, eólica, solar, etc.). Dentre os resíduos urbanos, destaca-se a biomassa como



possível alternativa energética de baixo custo e renovável, além de se mitigar o risco de incêndios (sobretudo de capins), no âmbito de parques públicos, ao longo do período de estiagem pluviométrica (período seco, notadamente, dentre os meses de maio e outubro), bem como o entupimento das galerias pluviais da cidade na época de chuvas.

A bioenergia pode ser definida como toda e qualquer forma de energia associada às formas de energia química acumulada mediante processos fotossintéticos recentes. A busca de fontes alternativas para as energias fósseis tornou-se uma questão fundamental para o futuro do desenvolvimento econômico do mundo. Entre as soluções possíveis, a biomassa tem se destacado como uma oportunidade de médio e longo prazo.

Em geral, denomina-se biomassa os recursos naturais que dispõem de bioenergia e que podem ser processados para fornecer formas bioenergéticas mais elaboradas e adequadas para o uso final. Portanto, seriam exemplos de fontes de bioenergia a lenha e os resíduos de serrarias, o carvão vegetal, o biogás resultante da decomposição anaeróbia de lixo orgânico e outros resíduos agropecuários, bem como os biocombustíveis líquidos, como o bioetanol e o biodiesel, e a bioeletricidade, gerada pela queima de combustíveis como o bagaço e a lenha (Brasil. BNDES; CGEE, 2008, p. 25).

#### CONTEXTO INTERNACIONAL:

A conceituação de energia renovável e mesmo de sustentabilidade, em que pese serem onipresentes na história humana (uso do fogo e convivência harmônica com o meio natural) ganhou bojo e passou a ser parte da agenda de alguns grupos, de forma incipiente para após entrar na “ordem do dia da geopolítica mundial” a partir de iniciativas esparsas. Cabe destacar a tomada de consciência por meio de textos e mesmo teorias remontantes ao séc. XVIII, ao menos na parte ocidental do globo, destacando-se a obra do economista inglês Thomas Robert Malthus, em 1789, em concomitância com a fase inicial da 1ª Revolução Industrial, prevendo o descompasso entre a produção de recursos (notadamente alimentos) ante o consumo. Tal perspectiva se embasava na percepção do ritmo de crescimento populacional e demandas individuais (massificação e diversificação da dieta da população) ante a capacidade produtiva (britânica, e, em análise ampla, mundial), de forma que não haveria meios de se amplificar *ad eternum* as áreas produtivas e melhorar a métrica produtiva. Ao longo do séc. XX, já nos idos de 1950, a despeito de as teorias e grupos de ambientalistas serem conhecidos, as atividades dedicadas a esta causa ainda se encontrava muito restrita a pesquisadores, pelo levantamento de dados e comprovação de inferências, por meio de pesquisas, no que se confirmou como o prelúdio da vasta base de dados disponível e construída desde então. Na década seguinte, o campo da literatura concedeu contributos para a causa, notadamente, dentre outros, pelo livro Primavera Silenciosa (*Silent Spring*, do original, em inglês), da escritora Rachel Carson, em texto-dossiê, denunciando os perigos inerentes à aplicação desmedida de pesticidas e metodologias produtivas muito agressivas ao solo e biomas, de maneira geral, no ensejo da Revolução Verde, responsável pela massificação produtiva verificada desde então.

Posteriormente, realizou-se a Rio+10, em 2002, tratando da mesma temática, realizada em Johannesburgo (África do Sul), bem como a Rio+20, realizada em 2012, também no Rio de Janeiro, com massiva participação de lideranças mundiais. Cabe ressaltar a publicação dos relatórios de autoria do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas – IPCC, organização internacional de pesquisa e colaboração, contendo constatações e previsões drásticas quanto ao comportamento de variáveis climáticas influenciadas por atividades antrópicas.

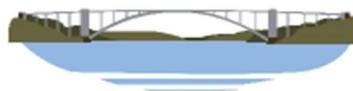
As ameaças ao planeta, por meio da imprevisibilidade climática e mesmo inviabilização de algumas atividades econômicas, suscitando em eventual futuro colapso de sociedades inteiras são um desafio de abrangência global, sobre o qual todos os países devem atentar, dada a magnitude, relevância e complexidade da questão. As Nações Unidas tem abordado este e outros problemas globais com o apoio e o interesse dos Estados-membros. Proteger o ambiente não é algo que pode ser feito sem assumir compromissos e investimentos. Ao apoiar práticas sustentáveis surgem externalidades positivas, como benefício à saúde pública e ao meio ambiente, além de melhorar a segurança energética e criar mais empregos.

No entanto, apesar de todos os avanços científicos, técnicos e econômicos da humanidade, sobretudo no século XX, 1,5 bilhão de pessoas ainda vivem sem energia elétrica no mundo. Em 2015, a ONU comemorou o Ano Internacional da Luz para sensibilizar os governos e a comunidade internacional para a causa. (Nações Unidas)

#### CONTEXTO NACIONAL:

No Brasil, o governo vem tentando universalizar o acesso à energia elétrica, notadamente por meio dos programas Luz para Todos e PROINFA, os quais se destinam a universalizar o acesso ao serviço de distribuição de energia e fomento ao plantio e à implementação de dispositivos consumidores de insumos energéticos renováveis, aliando-se as agendas econômica, energética, social e ambiental. Entretanto, nota-se que, a despeito de remanescer contingente populacional sem acesso à eletricidade, dadas as dimensões do país e necessidade de infraestrutura necessária. Segundo um dos diretores do programa Luz para Todos, Aurélio Pavão, do Ministério de Minas e Energia, cerca de 190 mil famílias brasileiras ainda vivem sem energia, a maior parte na zona rural. (Ministério de Minas e Energia - Brasil)

A crise energética iniciada no país a partir de 2001, as preocupações ambientais de caráter mundial, como o efeito estufa, o aquecimento global, o desmatamento de áreas nativas e a extinção de algumas espécies de animais e de plantas, levantaram à necessidade de desenvolver fontes de energia renováveis, que resultem de um processo mais limpo e sustentável.



O processo de cogeração de energia, combinando calor (energia térmica) e potência (energia elétrica), a partir da biomassa, constitui tema de estudo em diferentes centros de pesquisa do país. O CENBIO-USP/SP e NIPE-UNICAMP centram suas pesquisas no capim como fonte de energia, considerando o seu alto potencial energético e sua eficiência na fixação de CO<sub>2</sub> atmosférico, durante o processo de fotossíntese. (Empresa de Pesquisa Energética – Governo Federal)

A geração da energia a partir de fontes renováveis vem se constituindo como uma alternativa cada vez mais importante, incorporando-se à matriz energética brasileira. Essa tendência aponta a biomassa como uma das principais fontes de energia, capaz de fornecer energia elétrica, mecânica e térmica.

#### CONTEXTO LOCAL (DISTRITO FEDERAL):

O Serviço de Limpeza Urbana – SLU, no âmbito de suas atribuições legais, em colaboração com a Cia. Urbanizadora Nova Capital do Brasil – Novacap, ambos sediados no Distrito Federal, são os responsáveis pelo mapeamento, poda, e coleta de resíduos vegetais no âmbito desta Unidade Federativa. Com o fim de eliminar o montante de material recolhido, realizam-se leilões periódicos de madeiras (material lenhoso, com relevância econômica e valor de mercado). Com efeito, a fim de se estimar o volume de resíduos para se gerenciar, ressalta-se que o último lote de lenha recolhida em 2016 somava 45 mil metros cúbicos (m<sup>3</sup>), e o composto orgânico (capim em estado de decomposição, com utilidade para a agricultura) em 10 mil m<sup>3</sup>. Os produtos são resultado das podas de árvores que apresentavam risco de queda e da capina de áreas verdes, realizadas pelas equipes do SLU no Distrito Federal ao longo do ano (ver **ANEXO 1**). (NOVACAP – Distrito Federal)

O conhecimento, ainda que por aproximação, dos custos de produção energética com essa biomassa é crucial para se estimar até qual nível pode ser uma fonte confiável, segura e acessível de energia (SMEETS; FAJJ, 2009), bem como para se averiguar em que medida o processo poderia vir a ser implementado em outros centros urbanos no país.

O capim apresenta a capacidade de produzir matéria seca com alto teor de fibras e lignina, indicando seu potencial para energia. Essas herbáceas são, geralmente, de ciclo fotossintético C4 que é mais eficiente para a captação de carbono que o mecanismo C3 das gramíneas mais comuns de clima temperado. (Rede Nacional de Biomassa para Energia - RENABIO).

Portanto, as instituições tem um papel importante em dispor ou incentivar a inovação de tecnologias, enfatizando a participação e o desenvolvimento em pesquisas. As cooperativas, associações e organizações comunitárias podem auxiliar na gestão desses recursos.

Para tanto, o objetivo geral do presente artigo é analisar a viabilidade do processamento energético de resíduos vegetais, oriundos de atividades de poda de vegetação no meio urbano (Distrito Federal), sejam estes galhos de árvores perenes ou capim crescente em terrenos públicos ou canteiros de rodovias, nos termos do preconizado pela Política Nacional de Resíduos sólidos.

A hipótese defendida é pela viabilização de processo de uso dos resíduos sólidos vegetais como vetor energético, de forma a mitigar custos com energia elétrica no Âmbito das instalações da Universidade de Brasília – UnB.

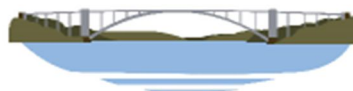
#### **OBJETIVOS:**

No ensejo da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei 12.305/2010), do Plano Distrital de Saneamento Básico e de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (março/2017), da Resoluções Normativas ANEEL 482/2012 e 687/2015, do Programa Nacional de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia - PROINFA (2005), do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo - MDL (1998), o artigo visa demonstrar quais aspectos a serem considerados para dentro o arcabouço normativo e institucional citado, afim de cumprir o prescrito, bem como quais os pontos das mesmas nos quais se embasar (norma explícita, do direito positivado).

Destaca-se, por fim, a obrigatoriedade de empenho de 0,5 da Receita Operacional Líquida (ROL) de empresas vinculadas à geração, transmissão ou distribuição de energia elétrica em operações de Pesquisa & Desenvolvimento, Eficiência Energética, na sua circunscrição de atuação.

Tal intento destina-se a conceber e engendrar uma forma de viabilizar a implantação de unidade-piloto de micro (até 75 kW) ou mini (entre 75 kW e 3 MW, para fonte hídrica e entre 75 kW e 5 MW para fontes alternativas em geral) geração de energia para a queima de biomassa, com o fim de se congregarem recursos que sejam convergentes e complementares, em consonância com o objetivo do projeto, ante a comunhão das agendas ambiental (limpeza urbana e prevenção de queimadas, ainda que espontâneas), energética (bioenergia e suprimento de eletricidade e calor), econômica (minoração de custos para a universidade, como a energia elétrica e com combustível para atividades de laboratório e cocção de alimentos), docente (ensino e pesquisa de forma independente, sem o concurso para o recebimento de verba com outras instituições ou setores) política e institucional (prestígio e reconhecimento da Universidade de Brasília como ente capaz de minorar os próprios custos por meio da inovação de uso da biomassa, sobretudo a gramínea, em plena conformidade com a regulamentação aplicável vigente).

Em primeira análise, a fim de suprir em parte a demanda corrente de energia do Campus Darcy Ribeiro – UnB e, eventualmente, em caldeiras operadas em hospitais e fundações da rede pública de saúde, ou mesmo a comercialização do produto final (briquete, biocombustível sólido enfardado) para estabelecimentos da rede privada de saúde, ou mesmo



empreendimentos em geral hotéis (aquecimento de piscinas) ou agroindústrias (torrefadores de café). Resta ainda a opção de se implementar nas dependências da Universidade unidade para a utilização do referido produto final como insumo, na condição de Produtor Individual de Energia (no termos do preconizado pela Lei ? / Res. Normativa ?), sobretudo conforme a tarifa horo-sazonal, com nítida majoração na comercialização do KWh (Quilowatt-hora) a ser faturado no período de pico de demanda (entre 18 e 21h00min).

Devido à grande área parques e jardins do campus, espera-se que a maior parte dos resíduos descartados pela universidade seja orgânico. Por sua vez a degradação dessa matéria em aterros e lixões totaliza algo em torno de 5% das emissões globais de gases do efeito estufa (IPCC, 2007).

Dessa forma, o diagnóstico da biomassa residual produzida no campus a partir da manutenção de parques e jardins torna-se essencial para desenvolvimento de propostas de aproveitamento deste material na própria universidade. Isso acarretará vantagens econômicas, pela diminuição do custo de transporte destes resíduos para aterro sanitário, e ambientais, por buscar uma destinação mais adequada para os mesmos.

Pelo volume de resíduos gerados por dia a compostagem pode se tornar inviável, pois grandes quantidades de material requerem uma área extensa para as leiras. Neste caso seria mais recomendável o aproveitamento energético dos resíduos, via combustão direta em um sistema termodinâmico, que ocupa menor espaço e reduz o peso e volume dos mesmos (LIMA, 1991). As cinzas, subproduto deste processo, teriam como destinação final o aterro sanitário, desta vez não gerando mais gases do efeito estufa.

Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo apresentar análise de viabilidade econômica da produção de energia elétrica a partir da biomassa residual gerada nas atividades de varrição, podas e capinação nos parques e jardins da UnB e também do DF.

Para tanto, considerou-se as particularidades inerentes a uma operação de coleta de material de baixa densidade, disperso e sem condições de ser utilizado diretamente como fonte de combustível em processos de queima contínua. (Guia Brasileiro de Biomassa - 2015)

Dentre os processos de conversão da biomassa (energia primária) em energia útil (energia secundária), conforme ciclo Rankine (métrica padrão) – **figura 1**, considera-se:

1. Queima em caldeira de vapor (obtenção de energia térmica para aquecimento de água para cozimento/cocção/vapor supercrítico);
2. Queima de gás de síntese (decorrente de processo de gasificação) em microturbinas à gás (15 – 300 kW de potência) de alta rotação (100.000 rpm) ou turbinas a vapor (1 – 2 MW de potência útil);
3. Geração de energia elétrica em sistema conectado ou não (off-grid) à rede pública de fornecimento (Sistema Interligado Nacional), a fim de mitigar o consumo de energia da rede pública no horário de pico (18:00 – 21:00 horas), minorando a base de cálculo a ser faturada na tarifa de ponta à qual a Universidade está sujeita (ver ANEXO 3). (Leis de nº 5.655/1.971 e 8.631/1.993 e Resoluções Normativas 414/2.010 e 503/2.012 )

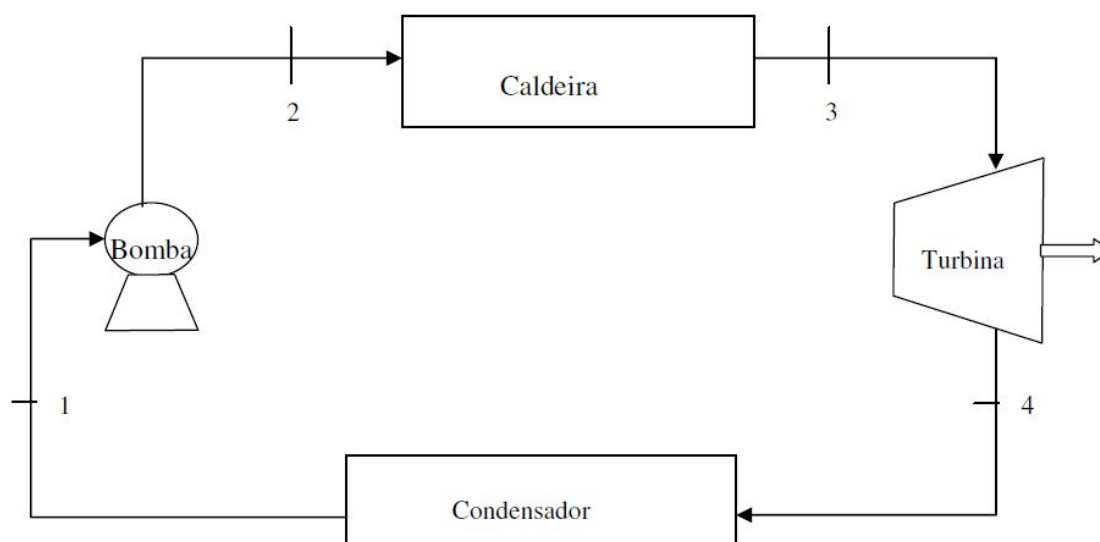


Figura 1 – Ciclo Rankine em central termoelétrica.

Considerando o preconizado pela política Nacional dos Resíduos Sólidos – Lei 12.305/2010, bem como boas práticas de manejo dos Resíduos Sólido Urbano – RSU, tem-se na Logística Reversa uma métrica de grande utilidade no aproveitamento e beneficiamento daquilo que se apresenta como resíduo/refugo. Com efeito, dado que, pela Constituição Federal e legislação específica, a coleta e tratamento dos resíduos do meio urbano são de responsabilidade do município



de circunscrição da atividade produtora/consumidora e geradora de resíduos. (Constituição Federal – Brasil/1.988 e Lei. 12.305/2.010)

No entanto, como meio de viabilizar soluções que sejam as mais eficazes em cada caso, sobretudo pela heterogeneidade dos municípios quanto ao tamanho (perímetro urbano), população, nível de industrialização, capacidade de investimento e arrecadação tributária (ISS e IPTU), e, sobretudo, o nível de infraestrutura e equipamentos disponíveis para se cumprir os ditames da legislação, não se prescreveu um *modus operandi* específico a ser adotado em cada município, de acordo com uma classificação, por mais genérica que fosse. Desta feita, existe um paradigma novo a ser construído em cada município, ou mesorregião, conforme suas especificidades, dispondo-se de uma miríade de técnicas e estratégias aplicáveis a cada caso, a serem implementadas, conforme a disponibilidade ou preferência das administrações e respectivos municípios, enfocando, naturalmente, o Bem comum. (Cadernos de Educação Ambiental – Resíduos Sólidos (Governo do Estado de São Paulo))

Cabe ressaltar que a proposta embutida nos preceitos de Logística Reversa, a exemplo do aplicado no Estado de São Paulo apresenta quatro motivadores principais, quais sejam: i) melhorar o manejo dos resíduos, de forma ampla; ii) cozer o setor privado atuante, direta ou indiretamente no município, a participar do processo, de forma a desonerar o erário municipal; iii) aumentar a eficiência no uso dos recursos naturais pela sociedade; iv) ampliar a oferta de produtos ambientalmente amigáveis. Com efeito, além da efetiva colaboração para a redução do volume de resíduos sólidos a serem despejados em aterros (ou em lixões, na falta destes, em que pese estar prevista a extinção de disposições a céu aberto, nos ditames da PNRS), a Logística Reversa colabora para o fomento de cadeias de suprimento novas. Até então, o que se via majoritariamente, e ainda persiste, são operações exploradas economicamente de forma muito arcaica, com centros de captação e armazenagem de resíduos (Ferros-velhos) operando informalmente, sem oportunizar aos partícipes condições mais dignas de trabalho e de vida, algo subjacente a uma cadeia econômica organizada, formalizada e economicamente equilibrada. (Secretaria Estadual do Meio Ambiente – São Paulo)

Um conceito importante no bojo da Logística Reversa é o da distribuição de custos sob o encargo de cada um dos partícipes de uma dada cadeia de fabricação ou de suprimento. Ou seja, aquele (pessoa física ou jurídica) que conceber/contratar, fabricar, distribuir e consumir uma dada categoria de produtos, sobretudo os com elevado potencial de contaminação ou degradação ambiental, responsabiliza-se pelo seu recolhimento e disposição final ou reaproveitamento. Há que se ressaltar uma diferença da perspectiva adotada pelo legislador brasileiro ante o verificado internacionalmente (legislações estrangeiras equivalentes), que o princípio do “poluidor-pagador”, no caso brasileiro, não enquadra tão somente os fabricantes e varejistas, mas também o consumidor final (pessoa física ou jurídica), congregando todos os envolvidos, de forma a incutir uma dinâmica colaborativa entre os envolvidos, dado que não subsiste excludente de responsabilidade para nenhuma parte. (Política Estadual de Resíduos Sólidos – São Paulo)

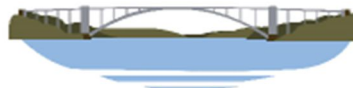
Na aplicação do conceito para o caso em estudo, considerando o resíduo sólido vegetal lenhoso ou gramíneo, tem-se as seguintes particularidades: (Classificação conforme norma - NBR 10.004/2.004)

- Não são materiais que apresentem qualquer risco de contaminação para o meio ambiente ou para a sociedade, visto não conterem quaisquer substâncias tóxicas, não se enquadraria como passíveis de coleta obrigatória;
- Apresentarem muito baixo valor econômico (nenhum, no caso do capim e muito baixo, no caso das madeiras de poda);
- Grande volume de material remanescente após a atividade de poda e constante suprimento dos mesmos ao longo do ano, ainda que apresente sazonalidade no volume de material, conforme a estação do ano.

Isso posto, dado haver o serviço regular de poda de vegetação, a perspectiva eleita pelos autores do artigo foi a do implemento dos ditames preconizados na PNRS e conceitos de Logística Reversa para a viabilização da coleta do refugo, por meio da disposição de quantidade de material em lotes econômicos, a fim de viabilizar o transporte, armazenagem/secagem ao tempo (pátio) e processamento dos mesmos para fins de uso como insumo energético. Sendo assim, em que pese ser tarefa acessória ao serviço de poda, sem que se necessite de equipe específica para o cumprimento de tal diligência, ressalta-se a criticidade no atinente ao custo operacional de tal tarefa, haja vista os grandes volumes de material envolvidos, estimados. (Serviço de Limpeza Urbana – Distrito Federal)

Em primeira abordagem, surge a opção de se centralizar os resíduos em um único recinto, a fim de poder processá-lo em maquinário de porte razoável ( $\geq 20$  ton./dia de processamento), a fim de haver sincronismo entre a quantidade recolhida e entregue e aquela que seria processada, com grande redução de volume. Ressalta-se que, caso a compactação se dê por meio da briquetagem (hipótese deste artigo), é preciso que a biomassa esteja com teor de umidade já baixo (<20%) e estabilizado, a ponto de não absorver a umidade local. Isto se consegue pela secagem ao tempo (exposição ao sol, em local aberto). (Guia Brasileiro da Biomassa/2015)

Uma questão que ganha relevância é quanto à secagem ocorrer em campo (na localidade em que houve a poda ou apara) ou nas proximidades da unidade de processamento. Com efeito, caso esta se dê *in loco*, surgem “variáveis de contorno” as quais devem ser consideradas, como os riscos de autocombustão, de espalhamento, por ação de ventanias, de entupimento de bueiros e eventuais acidentes decorrentes do tráfego de pedestres, bicicletas ou veículos automotores. De outra forma, no caso de se dispor a pastagem próximo à unidade de processamento, ganha relevância a questão do espaço para armazenamento a céu aberto, a possibilidade de se evitar o aumento da umidade por meio da chuva (armazenagem em galpão ou coberta por lona, quando o capim estiver seco), com esta modalidade eventualmente



competindo por espaço com outras atividades ou produtos. (Livro Bioenergia&Biorrefinaria, 2012 Fernando Santos, Jorge Colodette e José Humbertode Queiroz)

Desta feita, é importante ressaltar que, como toda e qualquer atividade econômica e, sobretudo, a obtenção de energia por processamento e calor útil de matérias-primas *in natura* ou já processadas, existem variáveis e riscos a serem considerados para que os benefícios da atividade possam ser otimizados, ou, seja, que as externalidades positivas superem as negativas. (Ministério do Meio Ambiente – Brasil / Secretaria do Meio Ambiente – Distrito Federal)

## METODOLOGIA:

Para a redação do referido artigo, a métrica adotada pelos autores foi a de fazer consulta extensiva à bibliografia disponível, em acervo mantido pelos mesmos sobre o tema (biomassa para energia, resíduos sólidos e Logística Reversa) ou de conhecimentos correlatos ao objetivo almejado na Hipótese defendida no artigo (nos conhecimentos sobre gasificação, pirólise, briquetagem, termodinâmica, processos de combustão, etc). Para efeitos de estimativa da aplicabilidade do proposto no artigo, os autores coletaram amostra de aparas de grama/capim amostra de grama e capim após a exposição do material por aproximadamente 03 (três) semanas. Seguiu-se, então, a contratação dos serviços do Laboratório de Produtos Florestais - LPF, do Serviço Florestal Brasileiro - SFB, nas seguintes atividades:

1. Briquetagem de material procedente de amostra coletada pelos autores, a partir de processos de preparação desta, nos termos da norma aplicável (NBR 8633/84);
2. Aferição laboratorial de no atinente ao Poder Calorífico Superior (PCS) e poder Calorífico Inferior (PCI) da mesma; e
3. Emissão de laudo e considerações quanto ao potencial uso do referido substrato como combustível para processos térmicos (ver ANEXO 3).

Considerou-se, ainda, a viabilidade do uso de espaços pertencentes à Fundação Universidade de Brasília – FUB, no âmbito das instalações da Fazenda Água Limpa – FAL, para a disposição das podas e do capim recolhido, a fim de se permitir a secagem dos mesmos até atingirem a umidade almejada (~30%) para o processamento dos mesmos.

Por fim, em contato e em pesquisa de dados junto às entidades envolvidas e para as quais de direciona o presente artigo(FUB, SLU e Laboratório de Produtos Florestais), levantou-se informações a respeito de volumes de resíduos vegetais produzidos e destinação destes, no ano de 2016, quais sejam:

1. Volume de material lenhoso recolhido: 45 mil m<sup>3</sup> estéreo;
2. Volume de gramíneas: 10 mil m<sup>3</sup> estéreo.

Entende-se por “m<sup>3</sup> estéreo” o volume ocupado por uma dada quantidade de material lenhoso (troncos e galhos) a depender do fator (grau de “retidão”, ou o quão vertical de apresentam os troncos da referida árvore). (Serviço Florestal Brasileiro)

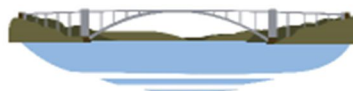
O trabalho de pesquisa se estendeu por aproximadamente 04 (quatro) meses e o levantamento dos dados junto aos órgãos e fundação citados se deu no mês de junho, seja pelo tempo de pesquisa e estruturação do artigo necessário para se perquirir quais os dados a se obter, seja pela pertinência quanto à maior atualidade e acurácia possível dos dados utilizados para consubstanciar a tese defendida. Cabe destacar, na autal conjuntura que:

- Quanto ao material lenhoso, a atual destinação é a venda do mesmo, por meio do fracionamento da quantidade obtida e venda dos lotes, em geral para uso como insumo energético para padarias, olarias, pizzarias instalados na Região Administrativa do Distrito Federal e Entorno - RIDE; (Serviço de Limpeza Urbana - SLU)
- Quanto ao material não-lenhoso (gramíneas e capim), a destinação tem sido como base para substrato utilizado como composto orgânico, após a mistura do material da poda, posto em “leiras” (grandes fileiras para a secagem) com resíduos orgânicos e venda para interessados, ao custo de, aproximadamente, R\$ 15,00/ton.. Ressalta-se a possibilidade de obtenção sem custo, por pequenos produtores e cooperativas, caso comprovem esta condição por documentação. (SLU)

## RESULTADOS:

### ANÁLISE ESTRATÉGICA:

Existem dificuldades a serem contornadas a fim de se viabilizar tal processo, nos aspectos técnico (conversão da energia), operacional (logística e parâmetros legais) e de financiamento (linhas de crédito direcionadas e meios de captação de recursos, conforme reservas de mercado próprias), a fim de viabilizar a implantação de uma unidade piloto, com operação e manutenção, conferindo utilidade acadêmica à mesma, mediante a dinamização de unidades de pesquisa.



A ferramenta Análise SWOT (KOTLER, 1998) fornece a direção para o desenvolvimento de planos de mais viáveis. Para realização dessa técnica é necessário fazer uma avaliação global das forças, fraquezas, oportunidades e ameaças, que se pode encontrar no ambiente externo e interno.

#### Análise do ambiente externo:

A presente proposta embutida neste artigo, em que pese estar vinculada diretamente ao gerenciamento de resíduos, presta-se para a inoculação de novo paradigma operacional do processamento de matéria-prima para ser convertida em briquetes/pellets. Isto se dá porque, dado o aquecimento do mercado mundial ante a quantidade de biocombustíveis demandada para os mais diversos processos industriais, ou mesmo para calefação doméstica, nota-se um movimento contínuo e consistente de majoração nos preços de obtenção de matéria-prima vegetal “nobre”, para tanto, haja vista o ocorrido em países constituintes da União Européia (notadamente Holanda, Itália e Alemanha, alguns dos maiores consumidores).

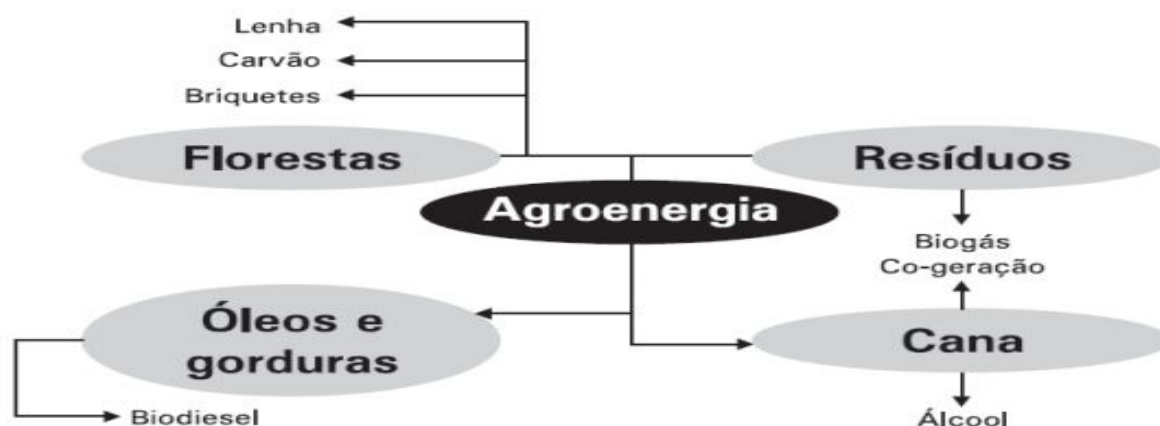
Conforme o combustível ganha escala produtiva e padronização de qualidade (commoditização), as cadeias de suprimento se organizam e os potenciais consumidores optam pela sua aquisição, seja pelas qualidades enquanto combustível, seja pelo preço de aquisição, legislação ambiental, ou mesmo empatia pela cadeia. Desta feita, com o escasseamento de matérias-primas oriundas da silvicultura (cavacos de madeira e serragem), o que vem ocorrendo para a segurança de suprimento é a importação destes, haja vista um florescente comércio entre o estado brasileiro do Amapá com o continente europeu e mercado chinês, no suprimento de cavacos e restos de madeira com razoável poder calorífico.

Sendo assim, em que pese o Brasil não enfrentar escassez de resíduos madeireiros, descortina-se um excelente nicho para a exportação não só das matérias-primas, mas do produto processado (briquete ou pellet), sem, contudo, se incorrer no risco de desabastecer o mercado doméstico, dado o uso massivo de resíduos vegetal urbano (sobretudo o capim), sem qualquer valor para comercialização, no aquecimento de caldeiras ou em qualquer uso que se vislumbre quanto ao poder calorífico dos mesmos.

É de se ressaltar que a referida atividade não dispõe de regulamentação sobre o uso final do capim de roçagem, enquanto rejeito, ou mesmo enquanto matéria-prima combustível. Desta feita, sobretudo no uso não comercial (caldeiras de hospital público, como exemplo eleito pelos autores), haveria uma “reserva de mercado” para o capim, mitigando custos para as respectivas secretarias saúde dos municípios, e o briquete oriundo de matéria-prima “nobre” (material lenhoso) seguiria a tendência de commoditização, no qual o Brasil já é e tende a ser ainda mais competitivo, na exploração do mercado mundial, vide a dinâmica encontrada nos estados de SC e PR. (Revista BiomassaBR/)

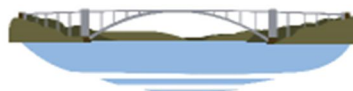
#### Oportunidades:

Se a matriz energética não passar por fortes alterações, 90% do consumo de energia mundial será fóssil (petróleo) e, em 40 anos, não haverá energia disponível, visto que as reservas de petróleo no mundo somam 1,137 trilhões de barris. Portanto, o setor agroenergético apresenta bom potencial, o qual pode ser visto sob os seguintes focos: crescimento econômico do país/região produtora e o desenvolvimento social de regiões pobres.



Fonte: Extraído do PNA 2006-2011 (2006)

Figura2: Segmentação do setor Bioenergético



### Riscos e ameaças:

Destacam-se a precária infraestrutura de transporte, que onera demasiadamente os custos finais de produção, a exemplo do escoamento da produção de resíduo; a baixa capitalização do país para investir em grandes projetos; custo significativo para micronutrientes (fertilizantes) nas áreas verdes; a baixa qualidade da estrutura de pesquisa e desenvolvimento tecnológico no país.

### Análise do ambiente interno:

#### Pontos fortes

- Subsidiar atividades públicas;
- Linhas de financiamento favoráveis; e
- Atividade sustentável.

#### Pontos fracos

- Complexidade do equipamento;
- Legislação extensa; e
- Necessidade diária de manutenção dos equipamentos.

A Análise da Estratégia de Financiamento deve avaliar primeiramente qual a modalidade de financiamento mais adequada para o projeto em questão. Isto é, analisar se projeto reúne elementos básicos e características imprescindíveis para a modalidade de Project Finance ou se é mais vantajoso financiá-lo na modalidade financiamento corporativo. A partir daí, deve-se avaliar quais são as linhas de financiamento mais adequadas às características do projeto.

Para isso é necessário avaliar dois aspectos, as fontes de financiamento disponíveis e as condições de cada uma das linhas aplicáveis ao projeto. Do ponto das fontes, recomenda-se analisar os parâmetros disponibilidade de recursos para financiamento e prazo estimado para contratação do financiamento. Quanto às condições das linhas, é necessário analisar os parâmetros: itens financiáveis; prazo de carência; possibilidade de capitalização de juros durante o período de carência; prazo de amortização do financiamento; taxa efetiva de juros, incluindo todos os custos de estruturação; nível máximo de alavancagem; e garantias usualmente exigidas.

### Quadro 1.

Fontes de Financiamento Nacionais:	Linhas de Bancos de Fomento:																														
<p>1. Bancos/Agências Públicas de Fomento</p> <p>2. Fundos Regionais</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• FCO, FDCO, FNE, FDNE, FNO, FDA e FEN</li> </ul> <p>3. Bancos comerciais</p> <p>4. Mercado de Capitais</p>	<p>Fonte: BNDES, FINEP, Desenvolve SP e CELA</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Linhas</th> <th>Eligibilidade</th> <th>Limite</th> <th>Juros</th> <th>Prazo</th> <th>Destaques</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>FINEM – Geração de Vapor e Energia Renovável</td> <td>Geração de vapor e/ou eletricidade de biomassa</td> <td>70%</td> <td>TJLP + 1,2% + spread</td> <td>Até 20 anos (amotiz.)</td> <td>Financia investimentos agrícolas. Tabela PRICE se emissão de Debênture</td> </tr> <tr> <td>FINEM – Eficiência Energética</td> <td>Cogeração <i>greenfield</i> ou <i>retrofit</i></td> <td>70%</td> <td>TJLP + 1,2% + spread</td> <td>Caso a caso</td> <td>Prazo em função da capacidade de pagamento do projeto</td> </tr> <tr> <td>FINEP</td> <td>Processo/ tecnologia inovadora</td> <td>50 a 90%</td> <td>TJLP + 0,5-3%</td> <td>Até 12 anos</td> <td>Baixo custo, financia importados sem similar</td> </tr> <tr> <td>Economia Verde</td> <td>Biogás, cogeração e termelétricas</td> <td>100%</td> <td>IPCA + 6,55%</td> <td>Até 10 anos</td> <td>Específico para o Estado de SP</td> </tr> </tbody> </table> <p>Outras Linhas: FINAME PSI, Capacidade Produtiva etc.</p>	Linhas	Eligibilidade	Limite	Juros	Prazo	Destaques	FINEM – Geração de Vapor e Energia Renovável	Geração de vapor e/ou eletricidade de biomassa	70%	TJLP + 1,2% + spread	Até 20 anos (amotiz.)	Financia investimentos agrícolas. Tabela PRICE se emissão de Debênture	FINEM – Eficiência Energética	Cogeração <i>greenfield</i> ou <i>retrofit</i>	70%	TJLP + 1,2% + spread	Caso a caso	Prazo em função da capacidade de pagamento do projeto	FINEP	Processo/ tecnologia inovadora	50 a 90%	TJLP + 0,5-3%	Até 12 anos	Baixo custo, financia importados sem similar	Economia Verde	Biogás, cogeração e termelétricas	100%	IPCA + 6,55%	Até 10 anos	Específico para o Estado de SP
Linhas	Eligibilidade	Limite	Juros	Prazo	Destaques																										
FINEM – Geração de Vapor e Energia Renovável	Geração de vapor e/ou eletricidade de biomassa	70%	TJLP + 1,2% + spread	Até 20 anos (amotiz.)	Financia investimentos agrícolas. Tabela PRICE se emissão de Debênture																										
FINEM – Eficiência Energética	Cogeração <i>greenfield</i> ou <i>retrofit</i>	70%	TJLP + 1,2% + spread	Caso a caso	Prazo em função da capacidade de pagamento do projeto																										
FINEP	Processo/ tecnologia inovadora	50 a 90%	TJLP + 0,5-3%	Até 12 anos	Baixo custo, financia importados sem similar																										
Economia Verde	Biogás, cogeração e termelétricas	100%	IPCA + 6,55%	Até 10 anos	Específico para o Estado de SP																										

### Quadro 2.

Linhas de Agências Multilaterais e ECAs:					
Fontes	Eligibilidade	Limite	Juros	Prazo	Vantagens
IFC/BID* (USD)	Projetos <i>greenfield</i>	80%	Libor + spread	10 a 15 anos	Financia importados
IFC/BID* (BRL)	Projetos <i>greenfield</i>	80%	SELIC+ spread	≥10 anos	Financia importados
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Não há linhas específicas para renováveis, mas é setor prioritário</li> <li>• Há duas modalidades de financiamento:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- “A” Loan: com recursos próprios até 25% dos usos</li> <li>- “A &amp; B” Loan: misto entre recursos próprios e recursos repassados a partir de instituições financeiras terceiras</li> </ul> </li> <li>• Fundos especiais: <i>Canadian Climate Fund</i></li> </ul>					
* Estimativa Fonte: IFC, BID e CELA					





Quadro3: Análise SWOT das fontes de financiamento do projeto

Fatores	Variáveis
Pontos fortes ( <i>strengths</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Várias categorias de fontes de financiamento, algumas dezenas de instituições financeiras e agências e muitas dezenas de alternativas de linhas/produtos aplicáveis a projetos de bioenergia;</li> <li>- Menor aporte de capital próprio</li> <li>- Menor taxa de juros e prazo mais longo</li> <li>- Maior probabilidade de aprovação do financiamento</li> <li>- Aprovação mais rápida</li> <li>- Menor comprometimento de garantias dos acionistas</li> <li>- Logo, maior TIR e VPL do projeto</li> </ul>
Pontos fracos ( <i>weakness</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Complexidade do tema e da legislação</li> <li>- Necessidade de manutenção constante dos equipamentos</li> <li>- Garantias para o financiamento</li> </ul>
Oportunidades ( <i>opportunities</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Grande produção de biomassa</li> <li>- Avanço no desenvolvimento e adoção das biomassas alternativas</li> <li>- Incentivo à inovação</li> <li>- Novas alternativas de financiamento</li> <li>- Mercado de Bioeletricidade</li> <li>- Ganhou status de energia de base</li> <li>- Preço médio da bioeletricidade maior que R\$200/MWh</li> <li>- Novas caldeiras de alta pressão e disponibilidade</li> <li>- Crise elétrica e crise hídrica</li> <li>- Mercado de Energia Térmica</li> </ul>
Ameaças ( <i>threats</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Taxa Selic (11,25% a.a.) e IPCA (4,57% a.a.) alta</li> <li>- Custo de oportunidade do capital</li> <li>- Encarecimento das Debêntures de Infraestrutura</li> <li>- TJLP próximo a 7,0% a.a. (2017), redução do limite de alavancagem pelo BNDES e FINEP</li> <li>- Maior necessidade de capital próprio</li> <li>- Riscos dos Projetos</li> </ul>

A análise da viabilidade econômico-financeira do projeto é uma etapa fundamental para a tomada da decisão do investimento. Ela consiste em três passos principais:

O primeiro é a análise da geração de caixa do projeto via análise de projeções do Demonstrativo de Resultados, Fluxo de Caixa, Balanço Patrimonial e índices financeiros.

O segundo é a análise da viabilidade econômico-financeira do projeto via análise de Quadro de Usos & Fontes, da taxa mínima de atratividade; e dos cálculos de rentabilidade.

O último passo é a análise de cenários. Recomenda-se a análise de pelo menos três cenários e que estes cenários sejam definidos com base nas premissas obtidas a partir do resultado dos pareceres técnicos e das análises das etapas anteriores da metodologia de análise de investimento. Para cada cenário, deve-se calcular como principal métrica de rentabilidade o VPL - Valor Presente Líquido e como métrica complementar a TIR - Taxa Interna de Retorno (BREALEY; MYERS, 2003).

Contudo, para que seja possível tirar conclusões quanto à análise de viabilidade econômico-financeira do projeto, a partir do cálculo do VPL de diversos cenários, recomenda-se calcular o Valor Esperado do VPL (BRIGHAM; EHRHARDT, 2002).

A última etapa da metodologia de análise de investimento do projeto será a Decisão de Investimento em si. Considerando que o projeto seja viável tecnicamente, o investimento deve ser realizado se: (i) o Valor Presente Líquido do cenário base for positivo ou igual a zero; (ii) o Valor Esperado do VPL na análise de cenários for positivo ou igual a zero; e (iii) se as premissas de riscos para as quais o projeto é mais sensível podem ser satisfatoriamente alocadas e/ou mitigadas. Portanto, é uma decisão baseada em uma ponderação da relação risco e retorno do projeto.

## CONCLUSÕES:

Considerando que:



- A factibilidade de se investir no projetos de bioenergia, eles devem ser suficientemente robustos para gerar um VPL positivo ao investidor, ainda que suscetível a algumas situações adversas em determinados momentos de sua vida útil;
- O enfoque deve estar centrado na capacidade de geração de caixa do projeto e em sua estratégia de gerenciamento de riscos.
- O projeto deve estar em operação no momento e na condição prevista, consoante o custo previsto e nos parâmetros operacionais previstos (capacidade, eficiência e disponibilidade).
- O custo de suprimento de biomassa, sua disponibilidade e o preço de venda de bioenergia devem ser adequados.

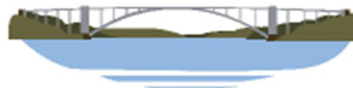
E considerando ainda:

- A falta disponibilidade de matéria-prima no âmbito do Distrito Federal nos meses de outubro a março, e considerando as eventuais chuvas “fora de época”;
- A possibilidade de uso desta matéria prima como fonte renovável, com acesso ao financiamento de 0,5% da Receita Operacional Líquida da distribuidora de energia com concessão no Distrito Federal;
- A viabilidade, sobretudo quanto ao PCI do combustível em análise para o uso como insumo térmico;
- A falta de uso concorrente em magnitude equivalente à oferta de material (considerado resíduo);
- A pouca rentabilidade no processo de processamento dos resíduos elencados e venda para interessados.

Do exposto, o posicionamento dos autores é pela viabilidade do uso de resíduos sólidos vegetais como insumo energético para o auto suprimento de energia elétrica da Universidade de Brasília, no âmbito de suas operações;

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS :

1. Tarifas e a Demanda de Energia Elétrica – Salatiel Pedrosa, Rio de Janeiro: Ed. Synergia, 2010.
2. Biomassa para energia – Eduardo Lora Silva et. al, Campinas/SP: Ed. Unicamp, 2009
3. Bioenergia & Biorrefinaria – Cana-de-saçúcar e espécies florestais – Fernando Santos et al. Viçosa/MG, Editoração própria, 2013.
4. EPE (Empresa de Pesquisa Energética). Balanço Energético Nacional 2014, 2014: Ano base 2013. Rio de Janeiro: EPE, 2014.
5. BREALEY, Richard A.; MYERS, Stewart C. Principles of Corporate Finance. 7. ed. Boston.
6. Legislação Básica do Setor Elétrico Brasileiro, Volume I – ANEEL, Brasília/DF– Ed. Thomson, 2004.
7. Administração de marketing: análise, planejamento e controle. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1998
8. Why-Megaprojects-Fail-in-Pr. Acesso em: 11 fev. 2013. KOTLER, Philip.. PORTER, Michael E. Competitive Strategy: techniques for analyzing industries competitors. New York: The Free Press, 1980
9. Análise de Investimento em Projetos Greenfield de Bioenergia. 1ª edição. Campinas: Editora Alínea, 2015
10. Rosillo-Calle F. et.al, Uso da Biomassa para Produção de Energia na Indústria Brasileira, Campinas/SP: Editora Unicamp, 2015
11. Santos, Fernando et al. Bioenergia & Biorrefinaria - Cana-de-açúcar e espécies florestais, Viçosa/MG: Edição própria, 2013
12. L. Hammond Allen et al. O Futuro Energético do Mundo, Rio de Janeiro, 1973: Zahar Editores
13. BRIGHAM, Eugene F.; EHRHARDT, Michael C. Financial Management: theory and practice. 10. ed. South Melbourne: SouthWestern,
14. EPE (Empresa de Pesquisa Energética). Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE) 2023, Brasília: MME; EPE, 2014



## ANEXO 1 – Texto oficial de apresentação da metodologia de poda e capina no Distrito Federal (NOVACAP)

A área gramada localizada no Plano Piloto, Lagos Sul e Norte e demais regiões administrativas do DF equivale a milhões de m<sup>2</sup>. Além de sua importância paisagística, está entre seus principais papéis evitar a erosão do solo e proteger as redes de água e esgoto. Mas cuidar dessa imensa massa verde exige tecnologia e dedicação.

A manutenção desses gramados consiste, basicamente, na poda de grama e no controle de doenças e pragas, principalmente cupins e formigas. O controle de cupinzeiros e formigueiros é realizado durante todo o ano. Na poda de grama são utilizados equipamentos de última geração com sistema de reciclagem do material cortado, que é triturado, eliminando a necessidade de rastelamento e transporte da massa verde resultante. Depois de podado e triturado é automaticamente distribuído sobre o gramado, voltando na forma de matéria orgânica. Roçadeiras manuais costais fazem o serviço de acabamento do gramado após a passagem das roçadeiras motorizadas. Esse serviço é feito durante o período chuvoso.

O corte e a poda de árvores seguem uma política de intervenção mínima, baseada no Decreto nº 14.783 de 17 de junho de 1993, que dispõe sobre o tombamento de espécies arbóreas-arbustivas. Os serviços de poda, em área pública, são realizados após a vistoria de um engenheiro florestal, mediante a solicitação da comunidade, que é, na realidade, a principal fiscal de campo. Outros pedidos são feitos durante as vistorias realizadas pelos técnicos do DPJ em suas atividades do dia-a-dia. A poda, em área particular, é realizada pelo proprietário com autorização da Novacap.

O parecer para corte e erradicação de árvore em vias e logradouros públicos e áreas verdes será concedido pela Novacap caso a mesma comprometa a saúde ou integridade física da comunidade (tal conclusão deve ser devidamente comprovada por parecer médico) ou ofereça risco à integridade de edificações públicas e privadas. Em caso de interferência em rede de serviços públicos, a concessionária do serviço correspondente deverá emitir parecer técnico.

### Estimativa de matéria prima disponível no âmbito da Universidade de Brasília - UnB:

A Universidade de Brasília conta atualmente com alguns campi, todos situados no Distrito Federal, dentre os maiores.

#### a) Darcy Ribeiro (Brasília)

Campus mais antigo da UnB, abriga a maioria dos cursos além dos órgãos administrativos e de apoio da instituição como Reitoria, e a Biblioteca Central. Possui uma área total de 3.950.569,07 m<sup>2</sup>:

Área gramada: 1.650.000 m<sup>2</sup>

Área de laboratório: 32.138 m<sup>2</sup>

Área total construída: 513.767,16 m<sup>2</sup>

#### b) Planaltina

Segundo campus a entrar em funcionamento dentro do plano de expansão da UnB, fica em Planaltina, situada no extremo norte do Distrito Federal, distante 45 km de Brasília, abriga os cursos da área de ciências agrárias. Possui uma área total de 301.847,06 m<sup>2</sup>, e uma área construída de 2.860,26 m<sup>2</sup>.

#### c) Gama

Terceiro campus da UnB, é focado em cursos da área de Engenharia, situa-se no Gama, no extremo sul do Distrito Federal, distante 35 km de Brasília. O campus possui uma área total de 335.534 m<sup>2</sup> e uma área construída de 4.795 m<sup>2</sup>.

Portanto, tem-se um total de área verde de aproximadamente 2 milhões de m<sup>2</sup>. Se considerarmos a Fazenda Água Limpa (FAL) da universidade com 4.500 hectares de área total, essa metragem de área verde pode ser ainda mais expressiva.



## ANEXO 2 - Laudo técnico:



MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE  
SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO  
Avenida L4 Norte, SCEN, Trecho 2, Lote 4, Bloco H  
CEP 70818-900 – Brasília – DF  
Fone (061) 2028-7102 Fax (61) 2028-7198 - LPF

## Laudo Oficial nº 2/2017 – LPF/DIVPESQ/AENBIO

TIPO DE ANÁLISE: Poder Calorífico Superior.

MATERIAL: Amostra de grama cortada no DF, coletada em junho de 2017.

PROCEDÊNCIA: Coleta privada.

INTERESSADO: Vitor Assis – [vitor-aragao@uol.com.br](mailto:vitor-aragao@uol.com.br)

REFERÊNCIA: Contato presencial do interessado com o LPF.

## 1. Metodologias:

## 1.1. Poder Calorífico Superior:

Material moído em moinho de facas. Classificação do material em granulometria passante de peneira de 60 mesh (0,25 mm). Confecção de três *pellets* da amostra, a frio, em prensa hidráulica de 5 toneladas. Secagem dos pellets por 24h em estufa com ventilação forçada a (103±2)°C. Auferição do Poder Calorífico Superior por queima válida de ao menos duas amostras no Calorímetro Isoperibol Automático Parr 6400, com oxigênio grau de pureza mínima 99,5%, aplicando a norma NBR 8633/84 adaptada pelo LPF.

## 2. Resultados

## 2.1. Poder Calorífico Superior

Amostra	PCS (MJ/kg)	PCS (kcal/kg)
1	17,815	-
2	Não válida	-
3	17,794	-
<b>Média</b>	<b>17,805</b>	<b>4.256</b>

## 3. Parecer

O material grama apresentou poder calorífico superior cerca de 10% inferior à média de madeiras (considerando 19,71 MJ/kg como valor médio)<sup>4</sup>. Porém a baixa densidade do material e sua alta heterogeneidade se apresentam como obstáculos a viabilidade do seu uso energético. Processos como a moagem do material e a compactação em forma de pellets ou briquetes reduzem a heterogeneidade e incrementam substancialmente a densidade energética do material. Há que se verificar se os teores de cinzas e de sílica do material prejudicariam a eficiência e viabilidade desses processos.

<sup>4</sup>QUIRINO, Waldir Ferreira et al. Poder Calorífico da Madeira e de Resíduos Lignocelulósicos. *Biomassa & Energia*, v.1, n.2, p.173-182, 2004.

Brasília, 28 de junho de 2017.

**BRUNO SANT'ANNA CHAVES**  
Analista Ambiental do Laboratório de Produtos Florestais  
Serviço Florestal Brasileiro