



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA - UFRA
MESTRADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

WIULLY LUAN VALVERDE DE QUEIROZ

CARACTERIZAÇÃO E AGRUPAMENTO ENERGÉTICO
DE RESÍDUOS DE AÇAÍ COM O AUXÍLIO DA GEOINFORMAÇÃO

BELÉM
2019



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA - UFRA
MESTRADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

WIULLY LUAN VALVERDE DE QUEIROZ

CARACTERIZAÇÃO E AGRUPAMENTO ENERGÉTICO
DE RESÍDUOS DE AÇAÍ COM O AUXÍLIO DA GEOINFORMAÇÃO

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Ciências Florestais para obtenção do título de Mestre. Área de concentração: Ciências Florestais. Orientadora: Prof^a. Dr^a. Lina Bufalino

BELÉM
2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas da Universidade Federal Rural da Amazônia
Gerada automaticamente mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

QUEIROZ, WIULLY LUAN VALVERDE DE QUEIROZ
CARACTERIZAÇÃO E AGRUPAMENTO ENERGÉTICO DE RESÍDUOS DE AÇAÍ COM O
AUXÍLIO DA GEOINFORMAÇÃO / WIULLY LUAN VALVERDE DE QUEIROZ QUEIROZ. - 2019.
39 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado) - Programa de PÓS-GRADUAÇÃO em Ciências Florestais (PPGCF), Campus
Universitário de Belém, Universidade Federal Rural Da Amazônia, Belém, 2019.
Orientador: Profa. Dra. LINA BUFALINO BUFALINO

1. ENERGIA DE BIOMASSA. 2. AÇAÍ. I. BUFALINO, LINA BUFALINO, *orient.* II. Título

CDD 621.042

SUMÁRIO

1. Contextualização.....	12
1.1. Revisão de Literatura.....	14
1.1.1. Ocorrência e Ecologia.....	14
1.1.2 Importância Cultural e Econômica.....	14
1.2 Influência das Propriedades Físicas da Biomassa para a Bioenergia.....	15
1.2.1 Umidade.....	15
1.2.2 Teor de Voláteis.....	16
1.2.3 Teor de Cinzas.....	16
1.2.4 Carbono Fixo.....	16
1.1.2.5 Poder Calorífico.....	17
1.3. Processos de Conversão da Biomassa.....	17
1.4 Resíduo do Açaí Destinado para Bioenergia.....	18
1. Caracterização e Agrupamento Energético de Resíduos do Despulpamento Do Açaí com o Auxílio da Geoinformação	
2. INTRODUÇÃO.....	22
3. Material e Métodos.....	23
3.1 Área de Estudo.....	23
3.2 Levantamento das Batedeiras Certificadas.....	24
3.3 Coleta de Informação das Batedeiras.....	24
3.4 Estratificação das Batedeiras.....	25
3.5 Coleta de Resíduos.....	26
3.6 Determinação das Propriedades dos Resíduos.....	26
3.6.1 Umidade.....	26
3.6.2 Análise Química Imediata.....	26
3.6.3 Poder Calorífico.....	26
3.6.3.1 Poder Calorífico Superior.....	26
3.6.3.2 Poder Calorífico Inferior.....	27
3.6.3.3 Poder Calorífico Útil.....	27
3.7 Obtenção de Dados de Produção dos Batedores.....	27
3.8 Fator de Geração de Resíduo.....	27
3.9 Quantificação de Massa de Resíduos Gerados Semanalmente.....	28

3.10 Estimativa da Quantidade Total de Calorias Estocadas no Resíduo de Açaí Gerado pelos Batedores.....	29
3.11 Estabelecimento de Critério de Agrupamento das Batedeiras.....	30
3.12 Geração de Mapas e Agrupamento das Batedeiras.....	32
4. Resultados e discussão.....	32
4.1 Localização Geográfica das Batedeiras.....	32
4.2 Avaliação das Propriedades Tecnológicas do Açaí.....	33
4.3 Estimativas da Massa e Energia Estocada no Resíduo do Açaí nas Batedeiras de Belém.....	36
4.4 Geoinformação.....	37
5. Conclusões.....	40
Referências Bibliográficas	

RESUMO

Dentre as espécies mais típicas da região Amazônica, a palmeira *Euterpe oleracea* Mart., conhecida popularmente como açazeiro, destaca-se devido as inúmeras formas de consumo do fruto. O despolpamento normalmente é realizado de forma artesanal pelos “batedores” e o alto custo do descarte dos resíduos gerados em grande quantidade é uma das principais limitações da produção. O objetivo deste trabalho foi verificar se a geoinformação é capaz de auxiliar na subdivisão dos bairros do município de Belém quanto a geração de resíduos pelas bateadeiras certificadas e quanto a quantidade de energia estocada. Foi realizado o levantamento quantitativo do número de bateadeiras certificadas com o selo “Açaí Bom” pela prefeitura municipal de Belém. Para obtenção das coordenadas geográficas de todas as bateadeiras foi utilizado um GPS GARMIN modelo GPSmap 62sc, configurado para coordenadas UTM/SIRGAS 2000. Foi definida uma quantidade amostral mínima de estabelecimentos para a coleta e caracterização de resíduos subdivididos em função do tipo de bateadeira, experiência do batedor e localização da bateadeira. As propriedades determinadas para o resíduo foram umidade e teores de materiais voláteis, cinzas e carbono fixo para estimativa do poder calorífico. A partir da determinação da massa de resíduo contida em uma lata, da determinação do fator de geração de resíduo e da faixa de produção diária, foram propostas equações para a quantificação dos valores mínimos e máximos de resíduos gerados semanalmente no período de safra e entressafra. Para a geração de mapas foi utilizado o software ArcGis 10.1 em imagens obtidas do satélite Landsat 8 do ano de 2018. Dentro do software foi realizada a inserção dos “shapes” de delimitação do Município de Belém e dos pontos referentes às coordenadas das bateadeiras, gerando assim o mapa de localização das bateadeiras. Verificou-se que os resíduos recém processados apresentam um alto teor de umidade (79,48%) e quando secos apresentaram poder calorífico útil médio de 2952,72 kcal/kg. Durante o período da safra, cada batedor artesanal gera de 485,10 kg a 646,80 Kg de resíduo de açaí por semana, sendo necessário assim o agrupamento de 10-14 batedores para abastecer 1 gaseificador por semana. Na entressafra, os batedores geram de 323,40 à 388,08 Kg de resíduos, necessitando assim de um agrupamento maior, de 17 a 21 bateadeiras. Os bairros do Umarizal (693-924 kg), Pedreira (554,4-739,2 kg) e Condor e Marco (485,1-646,8 kg) foram os que geraram maior quantidade de resíduo por dia. Umarizal e Pedreira são os que mais possuem energia estocada no resíduo do açaí com 0.205 TEP/Dia cada. O uso da geoinformação se mostrou capaz de auxiliar na divisão dos bairros tanto para a visualização de polos geradores de resíduos quanto para polos com grande quantidade de energia estocada.

Palavras-chave: Poder Calorífico, Biomassa, Bairros, Descarte, Mapas

ABSTRACT

Among the most typical species in the Amazon region, the *Euterpe oleracea* Mart palm., commonly known as açai, stands out because of the numerous forms of fruit consumption. The pulping is carried out by hand usually by "beaters" and the high cost of disposal of the waste generated in large quantities it is a major production limitation. The objective of this study was to verify if the geoinformation is able to assist in the subdivision of the neighborhoods of the city of Belém regarding the generation of waste by certified mixers and as much as the amount of stored energy. A quantitative survey on the number of commercial establishments certified with the seal "Acai Good" by the municipal government of Belém. In order to obtain the geographical coordinates of all mixers, a model GARMIN GPS GPSmap 62sc configured to UTM/SIRGAS 2000 coordinates was used. A minimum sample number of establishments for the collection and characterization of waste subdivided depending on the type of mixer, beater experience and mixer location has been set. The determined properties of the waste were moisture content and the contents of volatiles, fixed carbon and ashes for estimating the higher heating value. From the determination of the residual mass contained in a can, the waste factor generation and the daily production range, equations for quantifying the minimum and maximum values of generated waste weekly during the crop season and off-season were proposed. For the generation of maps, it was used ArcGIS 10.1 software in images obtained from Landsat 8 the year 2018. Within the software integration it was carried out of the "shapes" of delimiting the municipality of Belém and the data concerning the coordinates of the mixers, thus generating the location of beater map. It was found that the newly processed wastes have a high moisture content (79.48%) and when dried had a mean useful higher heating value of 2952.72 kcal/kg. During the crop season, each artisan beater generates 485.10 kg to 646.80 kg of açai waste per week, therefore it is necessary grouping of 10-14 establishments to supply one gasifier during one week. In the inter-crop season, the beaters generate 323.40 to 388.08 Kg of waste, thus requiring a larger grouping, 17 to 21 mixers. The neighborhoods of the Umarizal (693-924 kg) Quarry (554.4 to 739.2 kg) and Condor and Marco (485.1 to 646.8 kg) generated the greater amount of waste per day. Condor and Marco and Umarizal have more energy stored in the açai waste with 0205 TEP/day. The use of geoinformation is able to assist in the division of the display neighborhoods to both poles of waste generators and for poles with large amounts of stored energy.

Keywords: Higher heating value, Biomass, Neighborhoods, Disposal, Maps

CONTEXTUALIZAÇÃO

A heterogeneidade das regiões brasileiras confirma a necessidade do uso de tecnologias alternativas para geração de energia a partir de fontes renováveis. Esta afirmação diz respeito principalmente à Região Amazônica, que apresenta condições naturais e topográficas que muitas vezes dificultam e encarecem a distribuição convencional de energia (VIEIRA; PEDROZO, 2015). Pinheiro et al. (2005) sugerem como fonte renovável resíduos da biomassa resultantes de processos industriais para geração de energia e/ou, tecnologias não convencionais. Uma grande atenção tem sido voltada para a produção de energia elétrica a partir da biomassa principalmente em comunidades isoladas, região norte do país, onde há ampla disponibilidade de resíduos orgânicos (HINRICHS; KLEINBACH, 2009)

A biomassa é considerada um combustível com emissão neutra de CO₂ e, quando utilizada como substituta de combustíveis fósseis, traz benefícios ambientais devido à redução das emissões de gases do efeito estufa (GEE) (ALAMIA; STRÖM; THUNMAN, 2015). Biomassa vegetal refere-se a vários tipos de materiais, englobando tanto todos os organismos formados por fotossíntese, como também os resíduos gerados a partir da utilização dos mesmos, tais como, resíduos florestais e agrícolas e matéria orgânica contida nos resíduos industriais, domésticos, comerciais e rurais (BRAND, 2010).

A biomassa apresenta diversas vantagens, desde a diversidade de matérias-primas, como a ampla disponibilidade e o baixo custo de obtenção. Entretanto, no momento da escolha da biomassa a ser utilizada para produção energética, deve-se levar em consideração as suas características e possíveis tratamentos a serem empregados para seu melhor aproveitamento.

De acordo com a Pesquisa Agrícola Municipal (PAM) referente ao ano 2016 divulgada na agência de notícias do IBGE (2017), o Pará é o maior estado produtor de açaí com 98,3% do total nacional, produzindo aproximadamente 1,08 milhões de toneladas. Esta alta produção vem acompanhada de uma problemática relacionada à destinação dos resíduos provindos do beneficiamento do fruto do açaí. No município de Belém há uma grande quantidade de estabelecimentos que processam e vendem o suco do açaí. Procurando regular a qualidade do açaí comercializado e a correta destinação dos resíduos gerados, a prefeitura criou o processo de certificação dos estabelecimentos, os quais devem atender as normas de vigilância sanitária para o processamento do fruto e descarte dos resíduos. Entretanto apenas uma parcela destas empresas são certificadas. Quando se trata da destinação dos resíduos, grande parte das

empresas certificadas também sofrem com o alto custo da coleta que devem ser realizadas por empresas de coleta seletiva privadas. Esta exigência acaba fazendo com que até mesmo estes estabelecimentos certificados, que em sua grande parte são compostos por pequenos empreendedores, recorram ao descarte irregular contribuindo assim para o aumento da poluição dentro da cidade e problemas relacionados a alagamentos provocados por entupimentos de esgotos.

Carneiro et al. (2013) expõem que esta destinação dos resíduos (caroços) gerados pós beneficiamento da polpa do açaí tem sido a maior problemática encontrada pelas empresas, haja vista seu grande acúmulo no ambiente, contrariando o que está previsto na Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2012) sobre o desenvolvimento de sistemas de gestão ambiental e empresarial, voltados para a melhoria dos processos produtivos e para o reaproveitamento dos resíduos sólidos, incluídos a recuperação e o aproveitamento energético.

OBJETIVO GERAL

O objetivo deste trabalho foi verificar se a geoinformação é capaz de auxiliar na subdivisão dos bairros do município de Belém quanto a geração de resíduos pelas batedeiras certificadas e quanto a quantidade de energia estocada.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1) Quantificar e comparar o total de massa de resíduo de açaí gerada por semana pelos batedores do Município de Belém durante a safra e na entressafra.
- 2) Analisar e estimar o potencial energético do resíduo do açaí quanto a viabilidade de seu uso.
- 3) Analisar a distribuição espacial dos resíduos gerados e das calorias estocadas nestes resíduos dentro do Município de Belém.
- 4) Agrupar por meio de georreferenciamento as batedeiras mais próximas com capacidade de atender as demandas energéticas específicas.
- 5) Identificar por meio da geoinformação os principais bairros geradores de resíduos e quantificar as calorias estocadas neles.

6) Delimitar o quantitativo de bateadeiras necessárias para o abastecimento de uma gaseificador de 40 kwatts/h no período de safra e entressafra.

1.1 Revisão de literatura

1.1.1 Ocorrência e Ecologia

Populações naturais de açaí são encontradas em solos de igapó e terra firme, porém com maior frequência e densidade em solos de várzea. Em alguns locais, principalmente na região do estuário do rio Amazonas (Pará), grandes áreas são cobertas quase que exclusivamente por açazeiros (maciços) (EMBRAPA, 2008).

Estas áreas caracterizam-se por uma pluviosidade bem distribuída, superior a 2.000 mm anual e por poucos meses com precipitação mensal menor do que 60 mm. Os açazeiros sobrevivem períodos de inundação, característica que os torna bastante competitivos e provavelmente dominantes em algumas áreas (EMBRAPA, 2008).

A espécie é típica de floresta madura, cresce lentamente, necessita muita umidade, mas tem baixa exigência de luz, mesmo para o desenvolvimento das plântulas. A dispersão das sementes pode ser feita por aves de médio a grande porte, roedores e mesmo pela água quando o local for susceptível às enchentes. Muitas plântulas não sobrevivem à competição principalmente intraespecífica. Após alcançar 1 m de altura ou 2 a 3 anos de vida, nota-se geralmente o início do crescimento do estipe.

O açazeiro é uma palmeira cujo habitat natural é a Região Norte do país, principalmente as áreas que compreendem os estados do Pará, Amapá e Amazonas. É, tipicamente, tropical e nativa de matas de terra firme, várzea e igapó. Apresenta como característica marcante a capacidade de perfilhamento basal que a difere de outras espécies do gênero (JARDIM, 2002).

1.1.2 Importância Cultural e Econômica

O açaí como patrimônio da cultura material da Amazônia brasileira deve-se à sua importância para o modo de vida dos grupos amazônicos habitantes da região do Baixo Tocantins (Amazônia oriental), onde há grande concentração botânica da espécie coincidindo com um forte valor cultural no “seio” dessas sociedades onde se revela também “um patrimônio cultural

associado” e que se faz presente na vida cotidiana dessas populações, no que refere à alimentação, na carpintaria local e na própria simbologia (CHAVES et al., 2015).

Devido sua importância para as sociedades locais, o açaí foi transformado, através da Lei número 6.413, de 29 de novembro de 2001, como a bebida e fruta símbolo do Pará.

O fruto, matéria-prima para a obtenção do suco de açaí, é o principal produto oriundo da palmeira (MENEZES et al., 2008). De acordo com a PAM (pesquisa agrícola municipal) referente ao ano 2016 divulgada na agência de notícias do IBGE (2017), o Pará é o maior estado produtor de açaí com 98,3% do total nacional, produzindo aproximadamente 1,08 milhões de toneladas. Ainda segundo o IBGE (2017), os 20 maiores municípios produtores são pertencentes ao estado, sendo o município de Igarapé-Miri destacado como maior produtor e o município de Belém como o 24º maior produtor.

1.2 Influência das propriedades físicas da biomassa para a bioenergia

A alta variabilidade de propriedades como dimensões, composição química, densidade, poder calorífico e umidade tratam-se de limitações para ampliar o uso bioenergético da biomassa (ASADULLAH, 2014; KUMAR et al., 2015).

1.2.1 Umidade

Quando se trata do aproveitamento de resíduos para fins energéticos, dentre diversas características de qualidade da biomassa, a umidade é de maior importância haja vista o potencial de interferência no rendimento energético final. Diversos autores discorrem sobre como esta propriedade é responsável por causar grandes flutuações na produção de energia dentro das caldeiras (BORIOUCHKINE; ZAKHAROV E JÄMSÄJOUNELA, 2012). Outros autores também explicam que um valor elevado de umidade em um combustível reduz sua eficiência energética, pois, na combustão, a água precisa ser evaporada (DE FUSCO; JEANMART E BLONDEAU, 2015) e a energia necessária para esta evaporação é perdida no processo (LI et al., 2012).

Segundo Garstang et al. (2002), a biomassa para a geração de energia deve apresentar teores de umidade iguais ou inferiores a 30%.

Para Luk et al. (2013), quando a biomassa é utilizada como combustível, a umidade reduz o seu poder calorífico líquido (PCL) devido ao aumento da perda de calor não recuperável transportado pelos gases produzidos durante a combustão.

O aumento da eficiência energética do combustível e a produção de maior quantidade de energia a partir da mesma quantidade de combustível queimado são benefícios esperados com a redução da umidade na biomassa (LUK et al., 2013; HAQUE; SOMERVILLE, 2013). Portanto, quanto menor a umidade, maior será a redução no consumo da biomassa (LORA; NOGUEIRA, 2003).

1.2.2 Teor de Voláteis

Segundo McKendry (2002), o teor de voláteis é a parte da biomassa que evapora como um gás (incluindo umidade) por aquecimento. O teor de materiais voláteis expressa a quantidade de material que se desprende da biomassa, em forma de gás, durante decomposição térmica do combustível, sendo que a sua quantidade influencia diretamente no comportamento da combustão (OBERNBERGER; THEK, 2004). Quanto maior esse valor em um combustível, maior será a sua reatividade e mais fácil de iniciar a ignição e a queima (WERTHER, 2000).

1.2.3 Teor de Cinzas

Os resíduos resultantes do processo de combustão dos componentes orgânicos e oxidação dos inorgânicos são caracterizados como teor de cinzas (TAN; LAGERKVIST, 2011). Logo, as cinzas são resultados da combustão da biomassa processada em altas temperaturas, sendo necessário o conhecimento do seu comportamento para que não ocorram operações inadequadas (NOGUEIRA; RENDEIRO, 2008).

Segundo Klautau (2008), as cinzas são constituídas de composto de silício (Si), potássio (K), sódio (Na), enxofre (S), cálcio (Ca), fósforo (P), magnésio (Mg) e ferro (Fe). Quando em alta concentração, pode diminuir o poder calorífico (PC) e ainda causar perda de energia. Sua presença afeta também a transferência de calor. Sendo assim, valores elevados de teor de cinzas diminuem a transferência de calor no combustível e diminuem o poder calorífico da biomassa (PAULA et al., 2011; PROTÁSIO et al., 2011; BRAND, 2010).

1.2.4 Carbono Fixo

O carbono fixo representa a parte do combustível livre de umidade, voláteis e cinzas. Recomenda-se que as biomassas para uso energético (combustão direta, coqueificação e produção de carvão vegetal) apresentem altos teores de carbono fixo (SOARES, 2014).

1.2.5 Poder Calorífico

Segundo Quirino (2011), o poder calorífico é a quantidade de calor liberadas por um material em sua combustão completa. Para Vieira (2012), a ocorrência da combustão completa de uma unidade de combustível libera energia térmica que é geralmente medida em termos da energia por unidade de massa ou volume expressa em MJ/kg^{-1} (sólidos), MJ/L (líquidos) ou MJ/m^3 (gases).

O poder calorífico depende da composição química, da qualidade e da natureza dos depósitos de outras matérias orgânicas e inorgânicas. O poder calorífico exprime a quantidade de energia contida em dado material por unidade de massa, sendo expresso de duas formas: poder calorífico superior (PCS) e poder calorífico inferior (PCI) (LEITE et al., 2014; MCKENDRY, 2002). A diferença entre PCS e PCI é que o primeiro representa a energia total que pode ser liberada na oxidação de um combustível incluindo o calor latente de água, já o segundo não inclui esta grandeza física (MCKENDRY, 2002).

Segundo Nogueira (2007) e Van Wylen (1998) apud Klautau (2008), PCS representa o calor liberado, ou seja, a quantidade máxima de energia que pode ser obtida da transferência de calor do combustível. Calegari et al. (2005) e Klautau (2008) apontam PCI como a quantidade de calor liberado durante a combustão, sendo que a água está no estado de vapor. O PCI é calculado a partir do PCS, porém considerando a umidade que está presente no combustível, ou seja, corresponde à quantidade de calor útil para acontecer a queima da biomassa. Desta forma, esta análise retrata melhor a qualidade do combustível. Segundo Filho (2009), tanto o PCS quanto o PCI de uma determinada biomassa são as propriedades físico-químicas mais importantes a serem consideradas para sua destinação a um processo termoquímico.

1.3. Processos de Conversão da Biomassa

A gaseificação consiste na queima de um combustível em condições controladas, abaixo das condições estequiométricas. Esse processo caracteriza-se pela geração de um gás de baixo

poder calorífico da ordem de 5 MJ/Nm³. O gás gerado pode, a partir de um processo de reforma, ser utilizado na produção de combustível como o metanol e o hidrogênio (ANDRADE, 2007).

A carbonização convencional ou pirólise é um processo semelhante à gaseificação, no entanto, se processa em temperaturas mais baixas, em torno de 500 °C. É considerada a mais promissora das tecnologias de conversão térmica, visto que o processo permite ser direcionado para a produção de um ou outro subproduto (líquido, sólido ou gasoso).

Segundo Gómez (2002), a possibilidade de produzir especialidades químicas e produtos com maior valor agregado torna o processo muito atraente quando comparado às outras fontes renováveis de energia limpa. Trata-se de uma reação de decomposição termoquímica na ausência de oxigênio. A mesma necessita da ação de calor, sendo classificada como uma reação endotérmica. Os produtos obtidos podem ser sólidos, líquidos e gasosos como por exemplo, carvão vegetal, bio-óleo e monóxido de carbono. Os rendimentos e a qualidade destes produtos dependem dos parâmetros de síntese (CASTRO, 2013).

A combustão é um processo químico pelo qual um material reage rapidamente com o oxigênio do ar produzindo luz e calor intenso e, no caso da biomassa, se faz em três estágios: ignição (“ignition”), combustão com chama (“flaming”) e combustão com ausência de chama (“smoldering”). Cerca de 80% da combustão de biomassa ocorre nos trópicos. Ela é a maior fonte de produção de gases tóxicos, material particulado e gases do efeito estufa no planeta.

1.4 Resíduo do Açaí Destinado para Bioenergia

Silva et al. (2004) encontraram em laboratório que o poder calorífico do caroço é em média 4.505 kcal/kg e o potencial energético em torno de 40.800 MWh/mês. Este potencial pode ser explorado de forma sustentada, atendendo aos pressupostos do desenvolvimento sustentável, podendo garantir a melhoria da qualidade de vida de populações não atendidas por sistemas interligados de distribuição de energia elétrica, promovendo o equilíbrio ambiental. Este resíduo pode ser transformado em combustível de biomassa verde, na forma de peletes, para ser utilizado em diversas formas, tais como geração de energia elétrica, mecânica e gás combustível; padarias, caldeiras, cocção em fogões à biomassa; substituindo o carvão dos antigos ferro de passar roupa etc. onde os caroços, subprodutos do beneficiamento, em forma de peletes, poderão ser utilizados para alimentar um gaseificador (SILVA et al., 2004).

Outra forma de aproveitamento da diversidade de biomassa existente na localidade, é a produção de briquetes compostos dos resíduos (DANTAS et al., 2002; REIS et al., 2002). Com a produção de briquetes compostos obtém-se médias ponderadas de suas propriedades e composições, o que permite um maior controle da qualidade dos briquetes e um direcionamento de suas características de acordo com seu uso final, com a máxima redução na introdução de substâncias adicionais (RODRIGUES et al., 2002). Produzindo briquetes compostos evita-se também a dependência de um único tipo de matéria-prima. Nos períodos de escassez dos resíduos de maior poder calorífico, tem-se a opção de substituí-los por outros resíduos em maior quantidade, mantendo a eficiência energética dos briquetes. Rodrigues et al. (2002) estudando briquetes composto de açaí, casca de cacau e serragem concluíram que a produção de briquetes compostos pode aumentar a viabilidade da geração de energia a partir de resíduos de biomassa no Estado do Pará.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, R. V. **Gaseificação de Biomassa: Uma Análise Teórica e Experimental**, 2007, 205 p. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2007.
- ALAMIA, A.; STRÖM, H.; THUNMAN, H. Design of an integrated dryer and conveyor belt for woody biofuels. **Biomass and Bioenergy**, v. 77, p. 92-109, 2015.
- ALVIM FILHO, A. C. Aspectos Tecnológicos das Fontes de Energia Renováveis (Biomassa). 2009. Disponível em: <https://www.ariae.org/file/574/download>. Acesso em: 19 de maio de 2019.
- ANDERSON, A. B. Use and management of native forests dominated by açaí palm (*Euterpe oleracea* Mart.) in the amazon estuary. In: BALICK, M. J., ed. The palm - tree of life: biology, utilization and conservation. **Advances in Economical Botany**, Nova Iorque, v. 6, p. 144-154, 1986.
- ARBEX, M. A.; CANÇADO, J. E. D.; PEREIRA, L. A. A.; BRAGA, A. L. F.; SALDIVA, P. H. N. Queima de biomassa e efeitos sobre a saúde. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v. 30, n. 2, p. 158-75, 2004.
- ASADULLAH, M. Barriers of commercial power generation using biomass gasification gas: a review. **Renewable and Sustainable Energy Review**, v. 29, p. 201-215, 2014.
- BORIOUCHKINE, A.; ZAKHAROV, A.; JÄMSÄ-JOUNELA, S-L. Dynamic modeling of combustion in a BioGrate furnace: The effect of operation parameters on biomass firing. **Chemical Engineering Science**, v. 69, n. 1, p. 669-678, 2012.
- BRAND, M.A.; DE MUÑIZ, G.I.B. Influência da época de colheita da biomassa florestal sobre sua qualidade para a geração de energia. **Scientia forestalis**, v. 38, n. 88, p. 619-628, 2010.
- BRAND, M. A. **Energia de biomassa florestal**. 1º Edição, Rio de Janeiro: Interciência, 2010. 131 p.
- BRASIL. Empresa de Pesquisa Energética. Balanço Energético Nacional 2012: ano base 2011. Rio de Janeiro: EPE, 2012, 282 p.
- CALEGARI, L. FOELKEL, C. E. B.; HASELEIN, C. R.; ANDRADE, J. L. S.; SILVEIRA P.; SANTINI, E. J. Características de Algumas Biomassas Usadas na Geração de Energia no Sul do Brasil. **Biomassa e Energia**, v. 2, n. 1, p. 37-46, 2005

- CALZAVARA, B.B.G. **As possibilidades do açaizeiro no estuário amazônico**. Belém: FCAP. 103p. 1972. (Boletim da Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, 5)
- CASTRO, A.J.R. de. **(Nano)materiais à base de carbono e nitrogênio obtidos a partir da carbonização hidrotérmica de biomassa**. 2013, 109p. Dissertação (Mestrado em Física) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.
- CHAVES, G. P.; FURTADO, L. G.; CARDOSO, D. M.; SOUSA, F. F. A importância sociocultural do açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) na Amazônia Brasileira. **Contribuciones a las Ciencias Sociales**, v. 29, 2015.
- DE FUSCO, L.; JEANMART, H.; BLONDEAU, J. A modelling approach for the assessment of an air-dryer economic feasibility for small-scale biomass steam boilers. **Fuel Processing Technology**, v. 134, p. 251-258, 2015.
- DEMIRBAS, A. Potential applications of renewable energy sources, biomass combustion problems in boiler power systems and combustion related environmental issues. **Progress in Energy and Combustion Science**, v. 31, n. 2, p. 171-192, 2005.
- GÓMEZ, E. O., **Estudo da pirólise rápida de capim elefante em leito fluidizado borbulhante mediante caracterização dos finos de carvão**. 2002, 369 p., Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.
- HAQUE, N.; SOMERVILLE, M. Techno-economic and environmental evaluation of biomass dryer. **Procedia Engineering**, v. 56, p. 650-655, 2013
- HENDERSON, A.; GALEANO, G. *Euterpe, Prestoea, and Neonicholsonia* (Palmae: Euterpeinae). New York: New York Botanical Garden, 1996. 90p. (Flora Neotropica, 72)
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Agrícola Municipal 2016**. Rio de Janeiro. 2017.
- JARDIM, M. A. G. A cadeia produtiva do açaizeiro para frutos e palmito: implicações ecológicas e socioeconômicas no estado do Pará. In: VIEIRA, I. C; MURRIETA, R. S; SANTOS, R. A., (org.) **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**. Belém: Série Antropologia, v. 18, n. 2, 2002, p. 287-305.
- KLAUTAU, J. V. P. **Análise experimental de uma fornalha a lenha de fluxo concorrente para secagem de grãos**. 2008, 192 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) - UFPR. Curitiba: 2008.
- KUMAR, A.; KUMAR, N.; BARENDAR, P.; SHUKLA, A. A review on biomass energy resources, potential, conversion and policy in India. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 45, p. 530-539, 2015.
- LEITE, E. R. S.; PROTÁSIO, T. P.; ROSADO, S. C. S.; TRUGILHO, P. F.; TONOLI, G. H. D.; BUFALINO, L. Avaliação da qualidade da madeira de *Coffea arabica* L. como fonte de bioenergia. **Cerne**, v. 20, n. 4, p. 541-549, 2014.
- LI, H.; CHEN, Q.; ZHANG, X.; FINNEY, K.N.; SHARIFI, V.N.; SWITENBANK, J. Evaluation of a biomass drying process using waste heat from process industries: A case study. **Applied Thermal Engineering**, v. 35, p. 71-80, 2012
- LORA, E.E.; NOGUEIRA, L.A. **Dendroenergia Fundamentos e Aplicações**. Rio de Janeiro: Interciência, 2003, 200 p.
- LUK, H.T.; LAM, T.Y.G.; OYEDUN, A.O.; GEBREEGZIABHER, T.; HUI, C.W. Drying of biomass for power generation: A case study on power generation from empty fruit bunch. **Energy**, v. 63, p. 205-215, 2013.
- MCKENDRY, P. Energy production from biomass (part 1): overview of biomass. **Bioresource Technology**, v. 83, n. 1, 2002, p. 37-46, 2002
- MENEZES NETO, M.A. **Influência da disponibilidade de oxigênio sobre a germinação, crescimento e atividade das enzimas álcool desidrogenase e lactato desidrogenase em açaí (*Euterpe oleracea* Mart.)**, 1994, 50p., Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) – ESAL, Lavras, 2019

- MENEZES, E. M. S.; TORRES, A. T.; SRUR, A. U. S. Valor nutricional da polpa de açaí (*Euterpe oleracea* Mart) liofilizada. **Acta Amazônica**, v. 38, p. 311-316, 2008.
- NOGUEIRA, O.L. **Regeneração, manejo e exploração de açais nativos de várzea do estuário amazônico**. 1997, 149p., Tese (Doutorado em Ciências) – UFPA, Belém, 1997
- NOGUEIRA, M. F. M. Biomassa Energética: Caracterização da Biomassa. Palestra Proferida na I Escola de Combustão, Florianópolis – SC 2007
- NOGUEIRA, M. F. M.; RENDEIRO, G. Caracterização Energética da Biomassa Vegetal, In: BARRETO, E. J. F. **Combustão e Gaseificação da Biomassa Sólida: Soluções Energéticas para a Amazônia**. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2008. p. 52-63.
- OBERNBERGER, I.; THEK, G. Physical characterisation and chemical composition of densified biomass fuels with regard to their combustion behaviour. **Biomass and Bioenergy**, v. 27, n. 6, p. 653-669. 2004.
- OLIVEIRA, M. do S. P. de; LEMOS, M.A.; SANTOS, E.O. dos; SANTOS, V.F. dos. Variação fenotípica em acessos de açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) para caracteres relacionados à produção dos frutos. Belém: Embrapa-CPATU, 1998. 23p. (Embrapa-CPATU. **Boletim de Pesquisa**, 2009).
- PAULA, L. E. R.; TRUGILHO, P. F.; NAPOLI, A.; BIANCHI, M. L. Characterization of residues from plant biomass for use in energy generation. **Cerne**, v. 17, n. 2, p. 237-246, 2011.
- PRANCE, G.T.; SILVA, M.F. da. Árvores de Manaus. Manaus: CNPq/INPA, 1975. 312 p.
- PROTÁSIO, T. P.; BUFALINO, L.; TONOLI, G. H. D.; COUTO, A. M.; TRUGILHO, P. F.; GUIMARÃES JÚNIOR, M. Relação entre o poder calorífico superior e os componentes elementares e minerais da biomassa vegetal. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 31, n. 66, p. 122-133, 2011a. DOI: 10.4336/2011.pfb.31.66.113
- PINHEIRO, G. F.; RENDEIRO, G.; PINHO, J. T. Densidade energética de resíduos vegetais. **Biomassa & Energia**, v. 2, n. 2, p. 113-123, 2005.
- QUIRINO, W. F. Utilização Energética de Resíduos Vegetais. Disponível em: <http://www.mundoflorestal.com.br/arquivos/aproveitamento.pdf>. Acesso em: 12 de maio de 2019.
- RODRIGUES, L. D.; DA SILVA; I. T.; DA ROCHA, B. R. P.; DA SILVA, I. M. O. Uso de briquetes compostos para produção de energia no estado do Pará. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 4, Campinas, 2002, anais..., Campinas: UNICAMP, 2002.
- SILVA, I. T.; ALMEIDA, A. C. da; MONTEIRO, J. H. A.; DA SILVA, I. M. O.; DA ROCHA, B. R. P. Uso do caroço de açaí como possibilidade de Desenvolvimento sustentável do meio rural, da Agricultura familiar e de eletrificação rural no Estado do Pará. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 5, Campinas, 2004. Anais... Campinas: UNICAMP, 2004.
- SILVA, R. S. Avaliação da viabilidade do aproveitamento energético da queima de caroços de açaí produzidos no Município de Castanhal-PA. **Amazônia em Foco: Ciência e Tecnologia**, v. 2, n. 2, p. 47-63, 2013.
- SOARES, V. C. ; BIANCHI, M. L.; TRUGILHO, P. F.; PEREIRA, A. J.; HÖFLER, J. Correlações entre as propriedades da madeira e do carvão vegetal de híbridos de eucalipto. **Revista Árvore**, v. 38, n. 3, p. 543-549, 2014.
- VIEIRA, C. A. **Caracterização da biomassa proveniente de resíduos agrícolas**. 2012, 72 p., Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) – UNIOESTE, Cascavel. 2012.
- Vieira, H. C; Pedrozo, E.A. Eletrificação na Amazônia Brasileira: Contexto e possibilidades rumo ao desenvolvimento local. Disponível em: <http://engemausp.submissao.com.br/17/anais/arquivos/382.pdf> . Acesso em: 02 mar. 2019
- TAN, Z.; LAGERLIVIST, A. Phosphorous recovery from the biomass ash: a review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 15, n. 8, p. 3588-3602, 2011
- WERTHER J.; SAENGER, M.; HARTGE, E. U.; OGADA, T.; SIAGI, Z. Combustion of agricultural residues. **Progress in Energy and Combustion Science**, v. 26, n. 1, p. 1-27, 2000.

1. Caracterização e agrupamento energético de resíduos de açaí com o auxílio da geoinformação

2. INTRODUÇÃO

A sustentabilidade tem tido enfoque no âmbito mundial. Tendo em vista isso, uma gama de países tem buscado cada vez mais aplicar a “lei da sustentabilidade” em todos os processos industriais e atividades desenvolvidas no país, principalmente quando esses processos envolvem a produção energética. Diversos países, quando comparados a matriz energética mundial, que é composta por aproximadamente 86% (IEA, 2018) de fontes não renováveis, têm se destacado por apresentarem uma matriz energética mais equilibrada. O Brasil possui, atualmente, 43,5% da sua matriz energética composta por fontes renováveis, enquanto na matriz energética mundial esse percentual é de 14% (BEM, 2018).

O Brasil, devido à heterogeneidade de suas regiões, apresenta um grande potencial para o desenvolvimento e aproveitamento de novas tecnologias de produção de energia, seja através de energia solar, eólica, hidráulica e principalmente pela biomassa.

Biomassa é conceituada como qualquer matéria orgânica que dela possa ser produzida algum tipo de energia: mecânica, elétrica ou térmica, por exemplo. Classificada a partir de sua origem, pode ser florestal, agrícola, rejeitos urbanos e industriais (SOUZA; VIEIRA, 2014). Diversos estudos comprovam a viabilidade da utilização da biomassa para produção de energia devido à grande disponibilidade e variedade de resíduos que podem ser utilizados (COSTA, 2018; CARNEIRO et al., 2013; SOARES et al., 2006).

Tratando-se de disponibilidade e variedade de resíduos, a Região Amazônica está destacada por seu alto potencial de matérias-primas que podem ser utilizadas a produção de energia. A Amazônia apresenta uma ampla riqueza natural, tanto vegetal quanto animal. Dentre as espécies mais típicas da região Amazônica, a palmeira *Euterpe oleracea* Mart., conhecida popularmente como açaizeiro, destaca-se devido às inúmeras formas de consumo do fruto. Seus plantios têm sido expandidos para as matas de várzea, igapó e terra firme, principalmente nos estados do Amapá, Maranhão, Pará e Tocantins (LORENZI et al., 2006).

O estado do Pará é o maior produtor de açaí, sendo responsável por 98,3% da produção nacional. (PAM, 2016). Esta alta produção advém da grande importância cultural do fruto no estado e da grande disponibilidade da espécie.

O açaí é consumido pela população paraense em forma de suco, acompanhado pela farinha de mandioca e de tapioca, ou mesmo no acompanhamento das principais refeições, como camarão,

peixe, carnes, etc (SILVA et al, 2004). Constitui-se a base da alimentação cotidiana e oferece disponibilidade de resíduos, sendo estes ainda sem destinação econômica adequada, especialmente na capital Belém que, segundo Prefeitura (2018), gasta em média R\$500.000,00 mensais com o descarte irregular dos resíduos (caroços) do fruto.

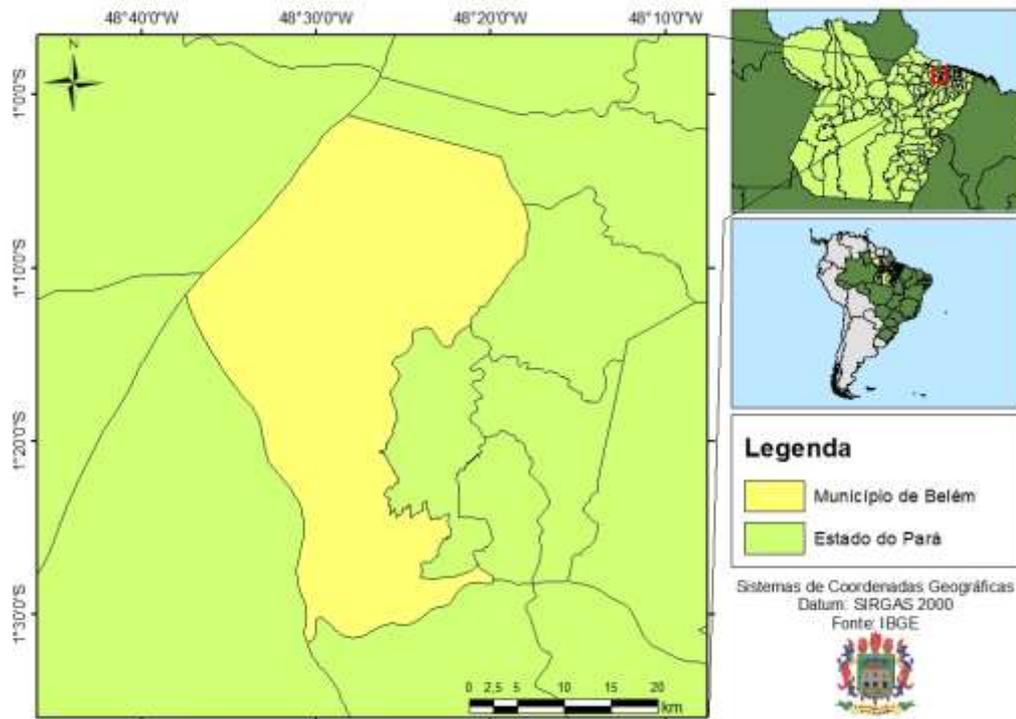
Grande parte do fruto processado no estado é destinado para o mercado interno da região. Este processamento normalmente é realizado de forma artesanal pelos “batedores” e o descarte dos resíduos muitas vezes é o “gargalo” da produção, pois a destinação correta gera um alto custo para os batedores, podendo causar assim um grande aumento no custo final do produto, dificultando a comercialização do mesmo. Haja vista esta problemática, muitos batedores acumulam esses resíduos em sacos e pagam “carroceiros” para jogarem fora os caroços, acarretando assim em diversos problemas ambientais e urbanos.

Com isso, o presente trabalho objetiva verificar se a geoinformação é capaz de auxiliar na subdivisão dos bairros do município de Belém quanto a geração de resíduos pelas bateadeiras certificadas e quanto a quantidade de energia estocada.

3. Material e Métodos

3.1 Área de Estudo

O presente estudo foi realizado no município de Belém, capital do estado do Pará (Figura 1).

Figura 1. Município de Belém e seu limite

Segundo IBGE (2018), o município tem uma população estimada de 1.485.732 habitantes com uma área territorial de 1.059km² e clima tipo Af segundo a classificação Köppen e Geiger, com pluviosidade média anual de 2537mm. Todas as bateadeiras do estudo encontravam-se dentro do limite do município.

3.2 Levantamento das Bateadeiras Certificadas

Inicialmente, foi realizado o levantamento quantitativo do número de bateadeiras certificadas com o selo “Açaí Bom” pela prefeitura municipal de Belém. Foram obtidas informações sobre nome da bateadeira, endereço e nome do proprietário. Isto foi necessário para que pudesse ser realizada, posteriormente, a checagem em campo do funcionamento das bateadeiras e também a coleta de informações através de questionário. As informações necessárias citadas acima para o levantamento quantitativo, foram obtidas através do banco de dados do aplicativo “Açaí Pai D’égua”, que é um software de busca de bateadeiras certificadas com o selo Açaí bom que funciona com ferramentas de georreferenciamento e de localização geográfica desenvolvido por um grupo de pesquisa de engenharia da computação da UFRA. Esse banco de dados foi obtivo através da lista de bateadeiras certificadas disponibilizadas pela prefeitura acrescido do georreferenciamento feito pelo grupo de pesquisa. Com isso, foi possível obter o nome das

batedeiras, endereços e nome do proprietário e a quantidade total que foi igual a 136 batedeiras certificadas.

3.3 Coleta de Informação das Batedeiras

A coleta de Informações foi realizada de forma presencial com o auxílio de um questionário e para obtenção das coordenadas geográficas das batedeiras foi utilizado um GPS GARMIN modelo GPSmap 62sc, configurado para coordenadas UTM/SIRGAS 2000. Acrescido deste levantamento de informações, foi realizada também a verificação e comprovação em campo dos dados quantitativos de batedeiras certificadas no município (Tabela 1).

Tabela 1: Levantamento de número de batedeiras certificadas no Município de Belém.

Batedeiras Certificadas no Município de Belém	
Total de Batedeiras Certificadas	136
Quantidade de Batedeiras em Funcionamento	64
Quantidade de Batedeiras Fechadas	45
Quantidade de Cadastros Repetidos	27

Fonte: Autor

3.4 Estratificação das Batedeiras

Considerando a quantidades de estabelecimentos a serem levantados e a necessidades de análises a serem empregadas aos dados coletados nestes estabelecimentos, foi necessária a definição de uma quantidade amostral mínima de estabelecimentos a serem utilizados para a coleta de resíduos destinados à caracterização tecnológica. Para isso, considerou-se três fatores que poderiam interferir no aproveitamento da polpa e na geração de resíduos, tais como o tipo de batedeira, experiência do batedor e localização da batedeira. Portanto, dividiu-se as 63 batedeiras em grupos que relacionavam os três fatores: tipo de batedeira x tempo de experiência x localização. Após a divisão das batedeiras nos grupos, verificou-se um total de 7 grupos.

Dentro de cada grupo foram selecionados 3 estabelecimentos de forma aleatória usando a fórmula “aleatório” do software excel, sendo definidos assim 21 estabelecimentos para coleta. Foram considerados para a divisão dos grupos o tipo de batedeira, hidráulicas ou de correia, a

faixa de experiência dos batedores em 0>5 anos, 5>20 anos e >20 anos e a localização, bairros do centro ou bairros periféricos (Tabela 2).

Tabela 2: Número de batedores por grupos de perfil (n = 63)

Tipo de Batedeira	Localização	Tempo de Experiência	Número de Batedores
Hidráulica	Centro	Baixa	3
		Média	0
		Alta	0
	Periféricos	Baixa	0
		Média	0
		Alta	0
Correia	Centro	Baixa	10
		Média	8
		Alta	5
	Periféricos	Baixa	7
		Média	22
		Alta	8

3.5 Coleta de Resíduos

Após a definição dos 21 estabelecimentos a terem resíduos coletados, foram realizadas as coletas de resíduos recém processados (logo após extração da polpa no momento da coleta). Estes resíduos foram armazenados em sacos plásticos transparentes. Os resíduos coletados foram levados imediatamente ao laboratório de tecnologia de produtos florestais (LTPF).

3.6 Determinação das Propriedades dos Resíduos

3.6.1 Umidade

A determinação da umidade foi realizada em dez amostras (caroços) por batedeira logo após despulpamento do açaí. Para tanto, placas de Petri com sua massa absolutamente seca previamente obtida foram posicionadas na balança que foi, em seguida, zerada. A massa de cada unidade do resíduo foi obtida e o conjunto placa de Petri contendo resíduo foi armazenado em estufa a $105\pm 3^{\circ}\text{C}$ até massa constante. A massa seca do resíduo foi então obtida. A umidade dos resíduos na base seca foi calculada pela Equação 1.

$$U\% = \left(\frac{Mu - Ms}{Ms} \right) \times 100 \quad (\text{Eq. 1})$$

3.6.2 Análise Química Imediata

A análise imediata foi realizada tomando como base as diretrizes da norma ASTM D1762/ 84 (ASTM, 2013) para obtenção das variáveis teor de materiais voláteis, teor de cinzas e teor carbono fixo. O Carbono fixo foi calculado subtraindo-se de 100 % a soma dos valores percentuais obtidos de voláteis e cinzas.

3.6.3 Poder Calorífico

3.6.3.1 Poder Calorífico Superior

O PCS foi obtido pela equação do modelo linear proposta por Nhuchhen e Salam (2012).

$$PCS = \left(19,2880 - 0,2135 \times \frac{MV}{CF} \right) + \left(0,0234 \times \frac{CF}{CZ} \right) - \left(1,9584 \times \frac{CZ}{MV} \right) \quad (\text{Eq. 2})$$

Onde: PCS: Poder Calorífico Superior em MJ/Kg

MV: Materiais Voláteis em %

CF: Carbono Fixo em %

CZ: Cinzas em %

Como a equação utilizada no presente trabalho estima valores na unidade MJ/Kg, foi necessário transformar os valores obtidos para a unidade Kcal/Kg.

3.6.3.2 Poder Calorífico Inferior

O cálculo do PCI foi realizado através da equação proposta por Loo e Koppejan (2008):

$$PCI = PCS - 324 \quad (\text{Eq. 3})$$

Onde: PCI: Poder Calorífico Inferior em Kcal/Kg

PCS: Poder Calorífico Superior em KCal/Kg

3.6.3.3 Poder Calorífico Útil (PCU)

Para o cálculo do PCU foi utilizada a equação proposta por Vale et al. (2002)

$$PCU = \left((PCI \times (1 - (0,01 \times \%UBU))) \right) - (600 \times 0,01 \times \%Ubu) \quad (\text{Eq. 4})$$

Onde: PCU: Poder Calorífico Útil em Kcal/Kg

PCI: Poder Calorífico Inferior em Kcal/Kg

Ubu: Umidade Base Úmida

3.7 Obtenção de Dados de Produção dos Batedores

Foram utilizados dados secundários disponibilizados pela Associação dos Vendedores Artesanais de Açaí de Belém (AVABEL). Os dados de produção diária disponibilizados foram em forma de faixas de produção para os períodos de safra e entressafra do açaí (Tabela 3).

Tabela 3: Produção diária por batedor

Quantificação de Produção Diária de Açaí por Batedor	
Safra	15-20 Latas de frutos
Entressafra	10-12 Latas de frutos

Fonte: AVABEL

3.8 Fator de Geração de Resíduo

O fator de geração de resíduo representa a porcentagem do fruto que é descartada, ou seja, o quanto do fruto não é aproveitado e transformado em resíduo. Para o cálculo deste valor, foram utilizados sacos plásticos como volume conhecido de 1l. Dentro desses sacos foram armazenados os frutos *in natura* e pesados *in loco* em uma balança com precisão de 0,01 g. Em seguida, os frutos foram levados até as batedeiras para passarem pelo processamento para obtenção do suco do açaí. Os resíduos gerados após o processamento foram novamente colocados no saco plástico transparente acima mencionado e pesados. Com as massas conhecidas de 1l de fruto *in natura* e dos resíduos gerados por esta quantidade, foi utilizada uma regra de três para a determinação do fator de conversão de massa de açaí processado para massa de açaí gerado (Equação 5).

$$FGR = \frac{MR \times 100}{MFin} \quad (\text{Eq. 5})$$

Onde: FGR: Fator de Geração de Resíduo

MR: Massa de resíduo gerado de 1l do fruto *in natura* em Kg

MFin: Massa do fruto *in natura* presente em 1l em Kg

3.9 Quantificação de Massa de Resíduos Gerados Semanalmente

Foi pesada em uma balança com precisão de 0,01 g, a lata vazia utilizada para quantificação da produção citada como unidade na Tabela 3, para que fosse descontada da pesagem. Em seguida, a lata foi completamente preenchida com os resíduos gerados pelo beneficiamento até o limite final para ser quantificada a massa total de resíduo contido em uma lata. Esse procedimento foi realizado em todas as 21 bateadeiras coletadas para que houvesse uma maior confiabilidade na média obtida. A média obtida foi de 5,93 kg de resíduo por lata.

A partir da determinação da massa de resíduo contida em uma lata, da determinação do fator de geração de resíduo e da faixa de produção diária, foram propostas equações para a quantificação dos valores mínimos e máximos de resíduos gerados semanalmente no período de safra e entressafra.

$$M1 = TB \times PMS \times ML \times ND \times FGR \quad (\text{Eq. 6})$$

$$M2 = TB \times PMAS \times ML \times ND \times FGR \quad (\text{Eq. 7})$$

$$M3 = TB \times PMES \times ML \times ND \times FGR \quad (\text{Eq. 8})$$

$$M4 = TB \times PMAES \times ML \times ND \times FGR \quad (\text{Eq. 9})$$

Onde; M1: Massa Mínima de Resíduos Totais Produzidos na safra por semana em Kg

M2: Massa Máxima de Resíduos Totais Produzidos na safra por semana em Kg

M3: Massa Mínima de Resíduos Totais Produzidos na entressafra por semana em Kg

M4: Massa Máxima de Resíduos Totais Produzidos na entressafra por semana em Kg

TB: Total de Bateadeiras Certificadas

PMS: Produção Mínima na Safra em Latas

PMAS: Produção Máxima na Safra em Latas

PMES: Produção Mínima na Entressafra em Latas

PMAES: Produção Máxima na Entressafra em Latas

ML: Massa da Lata em Kg

ND: Número de Dias

FGR: Fator de Geração de Resíduos

3.10 Estimativa da Quantidade Total de Calorias Estocadas no Resíduo de Açaí Gerado pelos Batedores

Para estimar as calorias estocadas, foi necessária a determinação dos valores de PCS, PCI e PCU e também dos valores totais das massas mínimas e máximas dos resíduos gerados na safra e entressafra. Com esses valores, foram propostas diversas equações para estimar a energia estocada no período de safra e entressafra considerando o PCS, PCI e PCU.

$$EE1PCS = M1 \times PCS$$

(Eq. 10)

$$EE2PCS = M2 \times PCS$$

(Eq. 11)

$$EE3PCS = M3 \times PCS$$

(Eq. 12)

$$EE4PCS = M4 \times PCS$$

(Eq. 13)

$$EE1PCI = M1 \times PCI$$

(Eq. 14)

$$EE2PCI = M2 \times PCI$$

(Eq. 15)

$$EE3PCS = M3 \times PCI$$

(Eq. 16)

$$EE4PCS = M4 \times PCI$$

(Eq. 17)

$$EE1PCU = M1 \times PCU$$

(Eq. 18)

$$EE2PCU = M2 \times PCU$$

(Eq. 19)

$$EE3PCU = M3 \times PCU$$

(Eq. 20)

$$EE4PCU = M4 \times PCU$$

(Eq. 21)

Onde; EE1PCS: Energia Estocada considerando M1 e Poder Calorífico Superior em Kcal

EE2PCS: Energia Estocada considerando M2 e Poder Calorífico Superior em Kcal

EE3PCS: Energia Estocada considerando M3 e Poder Calorífico Superior em Kcal

EE4PCS: Energia Estocada considerando M4 e Poder Calorífico Superior em Kcal

EE1PCI: Energia Estocada considerando M1 e Poder Calorífico Inferior em Kcal
 EE2PCI: Energia Estocada considerando M2 e Poder Calorífico Inferior em Kcal
 EE3PCI: Energia Estocada considerando M3 e Poder Calorífico Inferior em Kcal
 EE4PCI: Energia Estocada considerando M4 e Poder Calorífico Inferior em Kcal
 EE1PCU: Energia Estocada considerando M1 e Poder Calorífico Útil em Kcal
 EE2PCU: Energia Estocada considerando M2 e Poder Calorífico Útil em Kcal
 EE3PCU: Energia Estocada considerando M3 e Poder Calorífico Útil em Kcal
 EE4PCU: Energia Estocada considerando M4 e Poder Calorífico Útil em Kcal
 PCS: Poder Calorífico Superior em Kcal
 PCI: Poder Calorífico Inferior em Kcal
 PCU: Poder Calorífico Útil em Kcal

3.11 Estabelecimento de Critério de Agrupamento das Batedeiras

Para a determinação do número de bateadeiras por grupo de produção energética foi necessário estabelecer um quantitativo energético base. De acordo com o exposto por Rocha (2000), 1kw/h necessita de aproximadamente 1kg de biomassa de açaí para ser gerado. Assim, adotou-se o uso hipotético de um gaseificador com potência de 40kw/h. Após a escolha do valor base de potência do gaseificador, foi estimado o gasto energético do mesmo pelo período de 7 dias, escolhido com base na prática vista em campo, em que os batedores acumulam os resíduos por 1 semana (7 dias) para só então descartarem o mesmo, como uma forma de diminuição de custo com o descarte. Com o estabelecimento desses parâmetros, foi estipulada a Equação 22 para a determinação do quantitativo de massa de açaí necessária para manter um gaseificador de 40kw/h por uma semana.

$$MAN = MNH \times NHD \times NDS \quad (\text{Eq.22})$$

Onde: MAN: Massa de Açaí Necessária em Kg
 MNH: Massa Necessária por Hora em Kg
 NHD: Número de Horas no Dia em horas
 NDS: Número de Dias na Semana em dias

Com o valor do quantitativo necessário para o suprimento do gaseificador por uma semana, estimou-se a produção semanal de massa de resíduo por batedor. Para este cálculo foram

levadas em consideração as faixas de produção diária mínima e máxima nos períodos de safra e entressafra, através das seguintes equações para cada faixa e período, gerando assim os quantitativos mínimos e máximos de número de bateadeiras necessárias em um grupo para o suprimento do gaseificador por uma semana.

$$MMRPS = (MMDBS \times ML \times 7) \times FGR \quad (\text{Eq. 23})$$

$$MMARPS = (MMADBS \times ML \times 7) \times FGR \quad (\text{Eq. 24})$$

$$MMRPES = (MMDBES \times ML \times 7) \times FGR \quad (\text{Eq. 25})$$

$$MMARPES = (MMADBES \times ML \times 7) \times FGR \quad (\text{Eq. 26})$$

Onde; MMRPS: Massa Mínima de Resíduos Produzidos por Batedor por Semana na Safra em Kg
 MMDBS: Massa Mínima de Resíduos Produzidos por Dia por Batedor na Safra em Kg
 MMARPS: Massa Máxima de Resíduos Produzidos por Batedor por Semana na Safra em Kg
 MMADBS: Massa Máxima de Resíduos Produzidos por Dia por Batedor na Safra em Kg
 MMRPES: Massa Mínima de Resíduos Produzidos por Batedor por Semana na Entressafra em Kg
 MMDBES: Massa Mínima de Resíduos Produzidos por Dia por Batedor na Entressafra em Kg
 MMARPES: Massa Máxima de Resíduos Produzidos por Batedor por Semana na Entressafra em Kg
 MMADBES: Massa Máxima de Resíduos Produzidos por Dia por Batedor na Entressafra em Kg

Os resultados obtidos dos cálculos foram utilizados para quantificar o número de bateadeiras por grupo, considerando a massa total de resíduos necessária para abastecer o gaseificador por uma semana e a produção diária mínima e máxima de um batedor nos períodos de safra e entressafra, seguindo as seguintes equações:

$$QTBms = \frac{MTRS}{MMRPS} \quad (\text{Eq. 27})$$

$$QTBmas = \frac{MTRS}{MMARPS} \quad (\text{Eq. 28})$$

$$QTBme = \frac{MTRS}{MMRPES} \quad (\text{Eq. 29})$$

$$QTBmae = \frac{MTRS}{MMARPES}$$

(Eq.30)

Onde; MTRS: Massa Total de Resíduos Semanal para o Gaseificador em Kg

QTBms: Quantidade Total de Batedeiras na Produção Mínima da Safra

QTBmas: Quantidade Total de Batedeiras na Produção Máxima da Safra

QTBme: Quantidade Total de Batedeiras na Produção Mínima da Entressafra

QTBmae: Quantidade Total de Batedeiras na Produção Máxima da Entressafra

3.12 Geração de Mapas e Agrupamento das Batedeiras

Para a geração dos mapas foi utilizado o *software* ArcGis 10.1. Primeiramente foram obtidas imagens do satélite Landsat 8 do ano de 2018. Dentro do software foi feita a inserção dos “shapes” de delimitação do Município de Belém e dos pontos referentes às coordenadas das bateadeiras, gerando assim o mapa de localização das bateadeiras.

No mapa de agrupamento foi utilizada a mesma metodologia, seguida da criação de um “shape” de agrupamento. Este “shape” levou em consideração as faixas de produção de resíduos e os períodos de safra e entressafra. O mapa de densidade de empreendimento foi confeccionado utilizando a metodologia de kernel.

4. Resultados e discussão

4.1 Localização geográfica das bateadeiras

Grande parte dos estabelecimentos foram encontrados dentro dos bairros considerados como bairros do centro. Estes bairros têm como características uma organização social caracterizada por indivíduos de classe média alta e classe alta que corrobora com o maior número de estabelecimentos certificados em áreas do centro, haja vista a maior exigência de segurança alimentar e maior poder aquisitivo dos indivíduos residentes nessas áreas (Figura 2).

Tabela 4: Umidade base seca dos resíduos e fator de geração de resíduos

Parâmetro da Análise	Umidade base seca (%)	Fator de Geração de
Descritiva		Resíduo (%)
Média	79,48	77,86
Mínimo	70,12	70,97
Máximo	94,32	83,71
Desvio Padrão	7,48	3,70
Erro Padrão	1,87	0,81
Coefficiente de Variação	55,91	13,68

O teor de materiais voláteis apresentou uma média de 70,89% (Tabela 5). Essa propriedade consiste na parte do combustível que se volatiliza quando o mesmo é aquecido a elevadas temperaturas. Biomassas que possuem baixo teor de materiais voláteis e alto carbono fixo apresentam processo de queima mais lento (BRAND, 2010).

A análise do teor de cinzas do caroço de açaí mostra uma média de 5,30% (Tabela 5). Grandes quantidades de teor de cinzas presente na biomassa não são desejáveis para o uso direto na geração de energia (PROTÁSIO, 2014). Pinheiro et al. (2005), em seus estudos de caracterização de resíduos do setor agroindustrial e madeireiro, tais como cacho seco de amêndoa, serragem, caroço de açaí, fibra de dendê e casca de castanha do Pará, encontraram teores de cinzas entre 0 a 5% e carbono fixo entre 15 a 25%.

Observou-se uma quantidade média de carbono fixo de 23,81% (Tabela 5). Biomassas que apresentam maiores valores de carbono fixo são as mais desejáveis quando direcionadas como fonte de energia para cozimentos domésticos (PROTÁSIO, 2014).

Para os resíduos coletados foi obtido teor de voláteis médio de 70,89% (Tabela 5). De acordo com Brand (2010), biomassas que são utilizadas para geração de energia apresentam teor de materiais voláteis entre 75% e 85% e quantidade média de carbono fixo entre 15% e 25%.

Tabela 5: Teor de materiais voláteis, Teor de cinzas, Carbono fixo do caroço de açaí descartado pelas bateadeiras (n = 21)

Parâmetro da Análise	Teor de Voláteis (%)	Teor de Cinzas (%)	Carbono Fixo (%)
Descritiva			
Média	70,89	5,30	23,81
Mínimo	67,04	3,30	17,97
Máximo	75,24	6,96	26,70
Desvio Padrão	2,00	1,17	1,95
Erro Padrão	0,45	0,26	0,43
Coefficiente de Variação	3,99	1,37	3,79

Na Tabela 6 consta-se a média do valor da análise do PCS do caroço de açaí oriundo das bateadeiras certificadas do município. O valor apresentado de 4046,49 kcal/kg ($16,93 \text{ MJ/Kg}^{-1}$) está próximo ao valor de 4500 kcal/kg encontrado por Reis et al. (2002) para o caroço de açaí. Costa (2018), ao caracterizar o PCS de 5 tipos de biomassa (caroço de açaí, casca de cacau, casca de coco, cacho de dendê e sabugo de milho), encontraram uma variação de 17,68-19,63 MJ/Kg^{-1} . Ferreira et al. (2012) encontraram para a palha da carnaúba um PCS de 4869 kcal/kg e para a casca de arroz, uma das biomassas mais utilizadas para a produção de energética, um PCI de 3.384,09 kcal/kg (COELHO, PALLETA, FREITAS, 2000), valor inferior se comparado ao PCI do açaí encontrado neste trabalho. Saraiva e König (2013) encontraram um PCS de 4.130 kcal/kg para o capim elefante, valor bem próximo ao encontrado para o açaí que foi de 4046,46 kcal/kg. Assim, do ponto de vista do poder calorífico e da ampla disponibilidade do caroço de açaí, pode-se caracterizar esta biomassa como um insumo energético viável e eficiente.

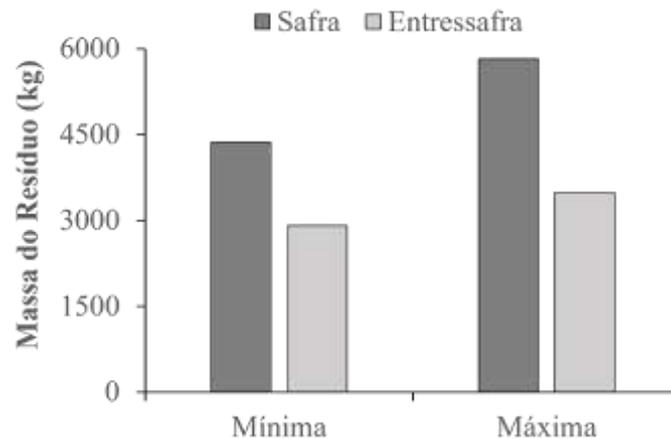
Tabela 6: Poder calorífico superior (PCS) do caroço de açaí coletado nas bateadeiras certificadas de Belém

Parâmetro da Análise	Poder Calorífico	Poder Calorífico	Poder Calorífico Útil
Descritiva	Superior (Kcal/kg)	Inferior (Kcal/kg)	(Kcal/kg)
Média (Kcal/kg)	4046,49	3722,49	2952,72
Mínimo (Kcal/kg)	3627,05	3303,05	2334,00
Máximo (Kcal/kg)	4294,95	3970,95	3346,54
Desvio Padrão (Kcal/kg)	184,35	184,35	299,47
Erro Padrão (%)	41,22	41,22	66,96
Coefficiente de Variação (%)	21,95	21,95	37,18

4.3 Estimativas da Massa e Energia Estocada no Resíduo do açaí nas bateadeiras de Belém

A produção de açaí varia de acordo com a safra ou entressafra. Com isso a quantidade de resíduos gerados também irá variar de acordo com esses períodos. No município de Belém, segundo a AVABEL (2018), no período de safra cada batedor processa 15 a 20 latas do fruto enquanto na entressafra de 10 a 12 latas. Cada lata comporta em média 5,97 kg do fruto *in natura*. Desse total processado, 77,86% é descartado como resíduo, portanto a massa de resíduos produzidos pelos batedores varia de 4365,9 kg a 5281,2 kg por semana no período da safra e de 2910,60 kg a 3492,72 kg no período de entressafra (Figura 3).

Figura 3: Variação de massa do resíduo de açaí gerado nos períodos de safra e entressafra em 1 (uma) semana nas bateadeiras certificadas (N=63) no município de Belém.



Os caroços de açaí como resíduos destinados a produção energético apresentam potencial diversificado, sendo utilizados tanto para combustão direta para fornecimento de energia térmica, como para o uso em gaseificadores que podem ser utilizados para a geração de energia elétrica (BUFALINO et al., 2018).

Segundo Rocha (2000), é necessário aproximadamente 1kg de caroço de açaí seco para gerar 1Kw/h. Dessa forma, adotando-se o uso de um gaseificador com potência de 40 Kw/h durante o período de uma semana, seriam necessários um total de 6720 Kg de resíduos.

Durante o período da safra cada batedor artesanal gera de 485,10 kg a 646,80 Kg de resíduo de açaí por semana, sendo necessário assim o agrupamento de 10-14 batedores para abastecer 1 gaseificador por semana. No período de entressafra, os batedores geram de 323,40 à 388,08 Kg de resíduos, necessitando assim de um agrupamento maior, de 17 a 21 bateadeiras para o suprimento de necessidade energética do gaseificador (Tabela 7).

Ao adotarmos o PCU na relação necessidade energética x número de batedeiros para que a necessidade energética de 6720 Kw/h por semana do gerador fosse suprida, visualizou-se um aumento na quantidade de batedeiros por grupos, passando para 21-28 batedeiros na safra e 35-42 na entressafra. Esse aumento pode ser explicado pelo fato de o PCU representar o real valor líquido de energia que é gerada através do resíduo, enquanto a conversão direta de massa de resíduo em energia não desconta as perdas energéticas geradas pelo processo de evaporação da água e demais fatores (Tabela 7)

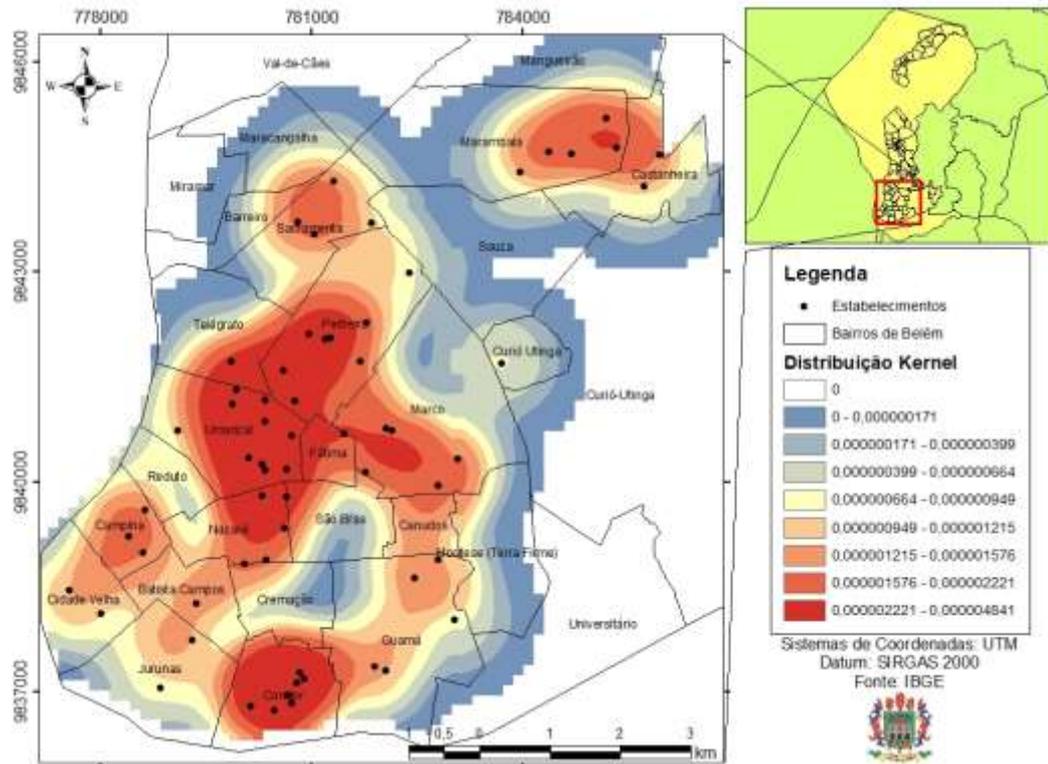
Tabela 7: Valores de Kw/h/semana gerados pelos batedeiros no período de safra e entressafra com e sem PCU e número de batedeiros necessárias para abastecer um gerador de 40 Kw/h

Período	Com PCU (Kw/h/semana)	Número de Batedeiras	Sem PCU (Kw/h/semana)	Número de Batedeiras
Mínimo Safra	237,82	28	485,10	14
Máximo Safra	317,09	21	646,80	10
Mínimo Entressafra	158,55	42	323,40	21
Máximo Entressafra	190,25	35	388,08	17

4.4 Geoinformação

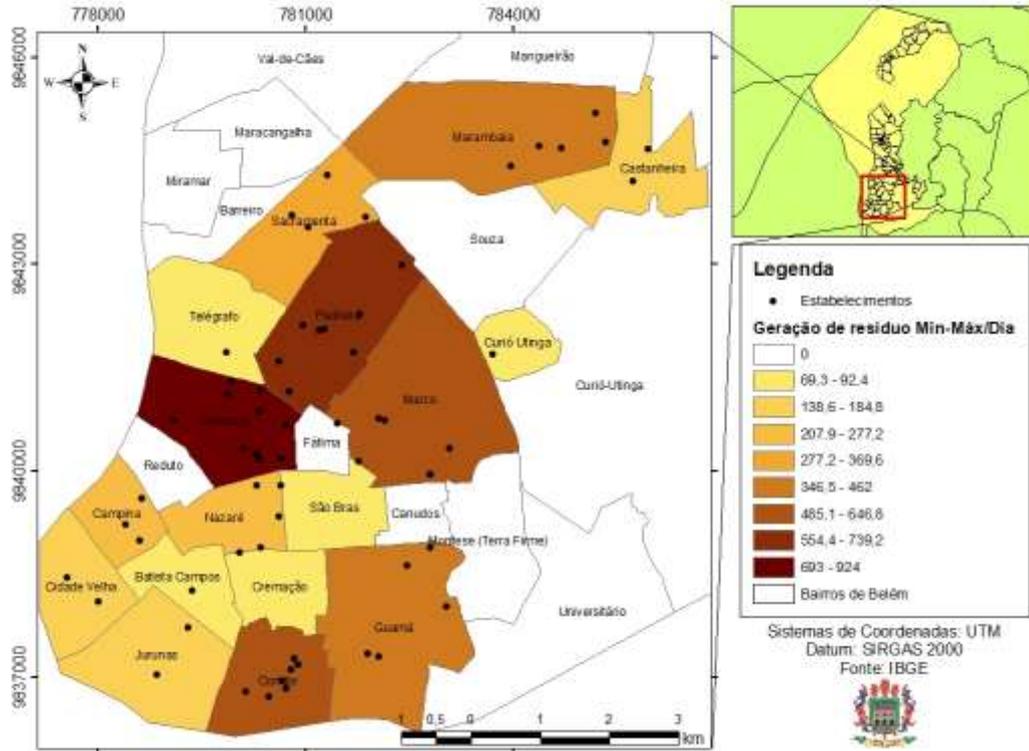
O uso da geoinformação possibilita a percepção de forma visual das relações e resultados obtidos. Na Figura 4, através da metodologia de Kernel, verificou-se a densidade dos estabelecimentos dentro dos bairros, possibilitando assim a definição das áreas que apresentaram maior número de batedeiros e o quão próximo estão entre si, verificou-se que a maior quantidade de estabelecimentos estão localizados nos bairros considerados como centrais, como Umarizal, Nazaré, Pedreira e Parte de Fátima. Esta proximidade geográfica entre os bairros com maior densidade de estabelecimentos é uma ótima característica para uma futura definição de logística de coleta.

Figura 4: Mapa de Densidade Espacial dos Estabelecimentos Utilizando a Metodologia de Kernel



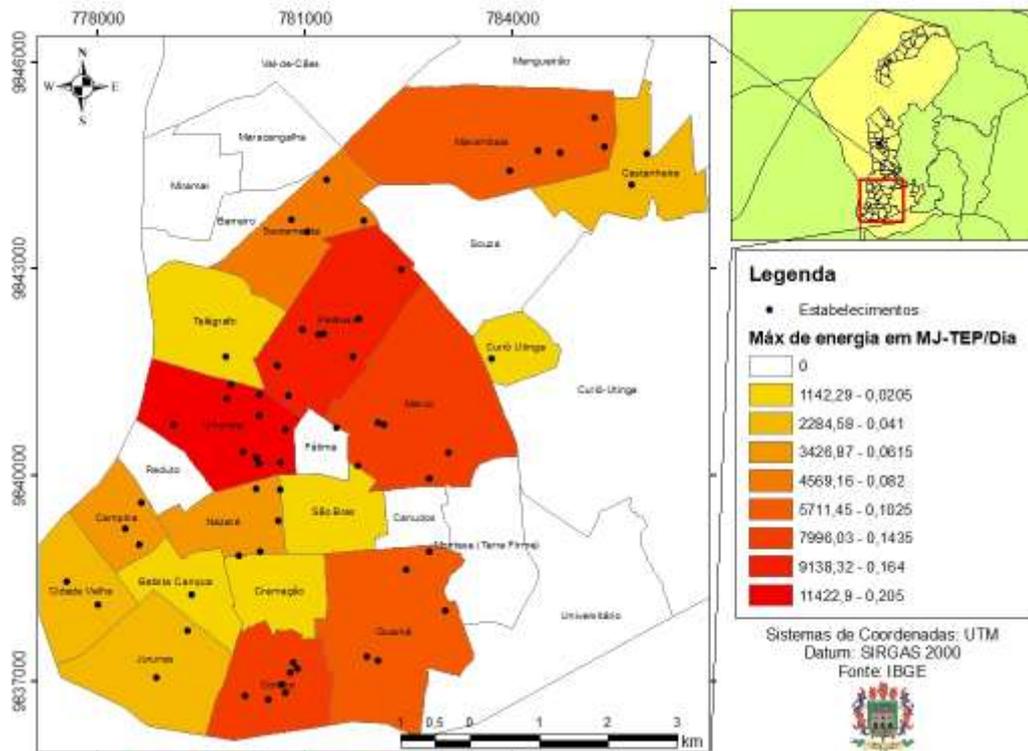
Através da quantificação de resíduos gerados diariamente pelos batedores e das técnicas de geoinformação foi possível quantificar o quanto de resíduos são gerados nos bairros e classificá-los em grupos de acordo com a quantidade de resíduos gerados (Figura 5). Foi determinado um total de 9 grupos, os quais foram representados em uma escala de cor tangendo de cores mais claras a cores mais escuras, os bairros que mais geraram resíduos foram os bairros que apresentarem coloração mais escura, ou seja, Umarizal que gerou um total de 693-924 kg de resíduos por dia durante o período de safra, Pedreira com uma geração por dia de 554,4-739,2 kg e bairros do Condor e Marco com um total de 485,1-646,8 kg de resíduos gerados por dia. As informações demonstradas podem servir de base para o desenvolvimento da logística de coleta e uso desses resíduos diminuindo assim os custos com transporte e descarte irregular.

Figura 5: Mapa de Geração Mínima e Máxima de Resíduos por Dia



Ao considerarmos a quantidade energia estocada (Figura 6) presente nos resíduos gerados pelos bairros diariamente, pode-se perceber que os bairros do Umarizal e Pedreira são os que mais possuem energia estocada. Se compararmos de forma equivalente a energia estocada contida nos resíduos gerados diariamente em cada um destes bairros com a energia gerada pela queima do petróleo, obtemos que cada um deles é responsável por gerar 0.205 TEP/Dia (Toneladas Equivalentes ao Petróleo). Se considerarmos uma produção de 7 dias (1 semana), cada um dos dois bairros geraria 1,435 TEPs. Considerando o valor monetário do petróleo e a equivalência gerada, é possível calcular o valor monetário gerado pelos resíduos. Ao considerar a quantidade gerada em uma semana, 1,435 TEPs equivalem a US\$671,58 gerados por cada um dos bairros. A energia estocada presente no resíduo do açaí proporcionaria assim uma economia considerável tanto na queima de combustíveis fósseis como monetária.

Figura 6: Mapa de Energia Estocada em MJ e TEP por Dia



5. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos pode-se visualizar uma diferença substancial na quantidade de resíduos gerados entres os períodos de safra e entressafra, esta variação implica diretamente na distribuição de bateadeiras dentro dos grupos de fornecimento energético.

O poder calorífico encontrado para o açaí previamente seco juntamente de sua farta distribuição, o transformam e uma biomassa promissora e viável de ser utilizada.

Haja vista a grande disponibilidade de resíduos e a problemática com a destinação irregular dos mesmos, o agrupamento de bateadeiras certificadas para garantir o aproveitamento de “caroços” de açaí para o abastecimento de pequenos estabelecimentos através de gaseificadores ou fornos a lenha mostrou-se viável, com potencial de diminuir o custo de energia elétrica e destinação dos resíduos do açaí, bem como de geração de renda extra.

O uso da geoinformação se mostrou capaz de auxiliar na divisão dos bairros tanto para a visualização de polos geradores de resíduos quanto para polos com grande quantidade de energia estocada.

O uso da geoinformação permitiu através da metodologia de kernel a visualização da densidade espacial das bateadeiras, o que futuramente irá auxiliar na criação de um mapa logístico de coleta de resíduos de forma mais efetiva.

Os bairros mais centrais apresentaram uma maior quantidade de empreendimentos certificados o que corroborou para serem os responsáveis pela maior geração de resíduos e possuem uma maior quantidade de energia estocada.

A quantificação de resíduos gerados semanalmente pelos batedores durante o período de safra e entressafra possibilitou a definição do número de bateadeiras a serem agrupadas para o abastecimento do gaseificador.

Referências Bibliográficas

- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS - ASTM. **ASTM D 1762-84**: Standard method for chemical analyses of wood charcoal. Philadelphia: ASTM International, 2013. 2p
- ASADULLAH, M., “Barriers of commercial power generation using biomass gasification gas: A review”, **Renewable Sustainable Energy Reviews**. v. 29, p. 201–215, 2014.
- BRAND, M. A. **Energia de biomassa florestal**. 1ª ed. Rio de Janeiro, Brasil. Ed. Interciência. 2010, 131p.
- BRAZ, R. L.; DUARTE, A. P. C.; OLIVEIRA, J. T. S.; MOTTA, J. P.; ROSADO, A. M. Curva característica de secagem da madeira de *Tectona grandis* e *Acacia mangium* ao ar livre. **Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 1, p. 117-123, 2015
- BUFALINO, L.; GUIMARÃES, A. A.; SILVA, B. M. S. da.; SOUZA, R. L. F. de.; MELO, I. C. N. A. de; OLIVEIRA, D. N. P. S. de.; TRUGILHO, P. F. Local variability of yield and physical properties of açai waste and improvement of its energetic attributes by separation of lignocellulosic fibers and seeds. **Journal Renewable Sustainable Energy**, v. 10, n. 5, 2018.
- CARNEIRO, J. S. da; CAVALCANTE, B. S; SILVA, M. D. B; SILVA, R. S. Estudo de viabilidade do aproveitamento energético da queima de caroços de açai produzidos no município de Castanhal-PA. **Amazônia em Foco**, v. 2, n. 2, p. 47-63, 2013.
- COELHO, S.T.; PALETTA C. E. M.; FREITAS, M. A. V. **Medidas mitigadoras para a redução de emissões de gases de efeito estufa na geração termelétrica**, 1º Edição, Brasília: ANEEL, 2000, 222 p.
- COSTA, J. S. da. **Biomassa residual para uso energético no Estado do Pará**. 2018. 68 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - UFRA, Belém, 2018.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanco Energético Nacional 2017**: ano base 2016. Rio de Janeiro: EPE, 2017. 296 p. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2017.pdf> Acesso em: 03 de Mar de 2019.
- FURTADO, T. S.; FERREIRA, J. C.; BRAND, M. A.; NEVES, M. D. Correlação entre teor de umidade e eficiência energética de resíduos de *Pinus taeda* em diferentes idades. **REVISTA ÁRVORE**, v. 36, n. 3, p. 577-582, 2012.
- GANTUSS, C. A. R. **Caracterização física e química de locais de ocorrência do Açazeiro (*Euterpe oleracea*, mart) no Estado do Amapá e sua relação com o rendimento e qualidade do fruto**. 2006. 79. P. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2006.

- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Agrícola Municipal 2016**. Rio de Janeiro. 2017.
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **World Energy Statistics and Balances 2018**: ano base 2016. Paris: IEA, 2018. Disponível em: <<https://www.iea.org/statistics/?country=WORLD&year=2016&category=Key%20indicators&indicator=TPESbySource&mode=chart&dataTable=BALANCES>> Acesso em: 03 de Mar de 2019.
- KUMAR, A., KUMAR, N., BARENDAR, P., AND SHUKLA, A., “A review on biomass energy resources, potential, conversion and policy in India,” **Renewable Sustainable Energy Reviews**. v. 45, p. 530–539, 2015.
- LORENZI, H.; LACERDA, M. **Frutas brasileiras e exóticas cultivadas**: de consumo in natura. 1 ° Edição, Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2006. 640p
- PINHEIRO, G. F.; RENDEIRO, G.; PINHO, J. T. Densidade Energética de Resíduos Vegetais. **BIOMASSA E ENERGIA**, v. 2, n. 2, p. 113-123, 2005.
- PROTÁSIO, T. P. **Biomassa de uso residual de coco babaçu: potencial de uso bioenergético nas regiões norte e nordeste do Brasil**. 2014. 172p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014
- REIS, B. O. et al. Produção de Briquetes Energéticos a partir de Caroços de Açaí. **AGRENER 2002 – ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL**, 4., 2004, Campinas. Trabalhos... Campinas: UNICAMP, 2002. Disponível em: <<http://www.feagri.unicamp.br/energia/agre2002/pdf/0080.pdf>> . Acesso em: 24 de maio de 2019.
- SILVA, I. T.; ALMEIDA, A. C. da; MONTEIRO, J. H. A.; DA SILVA, I. M. O.; DA ROCHA, B. R. P. Uso do caroço de açaí como possibilidade de Desenvolvimento sustentável do meio rural, da Agricultura familiar e de eletrificação rural no Estado do Pará. In: **ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL**, 5, Campinas, 2004. Anais... Campinas: UNICAMP, 2004.
- SOARES, T. S. da; CARNEIRO, A. C. O; GONÇALVES, E. O; LELLES, J. G. Uso da biomassa florestal na geração de energia. **Revista científica eletrônica de engenharia florestal**, Garça, v. 4, n. 8, 2006.