

AVELINO MOSSANDE

**ESTUDO PRELIMINAR SOBRE O POTENCIAL ENERGÉTICO DA BIOMASSA
DOS RESÍDUOS DA CULTURA DO MILHO (*ZEA MAYS L.*) NA REGIÃO DE
KISSOMEIRA, ANGOLA**



UNIVERSIDADE DO ALGARVE
Faculdade de Ciências e Tecnologia
2022

AVELINO MOSSANDE

**ESTUDO PRELIMINAR SOBRE O POTENCIAL ENERGÉTICO DA BIOMASSA
DOS RESÍDUOS DA CULTURA DO MILHO (*Zea mayz* L.) NA REGIÃO DE
KISSOMEIRA, ANGOLA**

**Mestrado em Gestão Sustentável de Espaços
Rurais.**

**Trabalho efetuado sob orientação do Professor
Doutor Mário Manuel Ferreira dos Reis, Professor
Auxiliar da Faculdade de Ciências e Tecnologia da
Universidade do Algarve e co-orientação da
Professora Doutora Maria de Belém da Costa
Freitas, da Faculdade de Ciências e Tecnologia da
Universidade do Algarve.**



UNIVERSIDADE DO ALGARVE
Faculdade de Ciências e Tecnologia
2022

**ESTUDO PRELIMINAR SOBRE O POTENCIAL ENERGÉTICO DA BIOMASSA
DOS RESÍDUOS DA CULTURA DO MILHO (*Zea mayz* L.) NA REGIÃO DE
KISSOMEIRA, ANGOLA**

Declaração de autoria e originalidade

Declaro ser o autor deste trabalho, que é original e inédito. Autores e trabalhos consultados estão devidamente citados no texto e constam da listagem de referências incluída.

O candidato

Avelino Mossande

Faro, Maio de 2022.

Todos os direitos “Copyright” reservados a Avelino Mossande.

A Universidade do Algarve reserva para si o direito, em conformidade com o disposto no Código do Direito de Autor e dos Direitos Conexos, de arquivar, reproduzir e publicar a obra, independentemente do meio utilizado, bem como de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição para fins meramente educacionais ou de investigação e não comerciais, conquanto seja dado o devido crédito ao autor e editor respetivos

Dedicatória

Para cultivar a sabedoria é preciso força interior. Sem crescimento interno, é difícil conquistar a autoconfiança e a coragem necessárias. Sem elas, nossa vida se complica. O impossível torna-se possível com a força de vontade.

Dalai Lama

Dedico à minha esposa Edaltina Mônica, pelo incentivo a frequência deste mestrado e por sempre acreditar que tinha capacidade intelectual para o fazer;

À Lúcia, a título póstumo;

Aos meus filhos, pelo acompanhamento e pela compreensão demonstradas;

Aos demais familiares, mais jovens ou graúdos como eu, demonstrando-lhes que o aprendizado não tem idade.

Agradecimentos

A Deus pelo dom da vida e por ter-me dado forças para suportar dia após dia, esta caminhada e por fazer-me acreditar que este dia seria possível.

Ao Ministério dos Recursos Minerais e Petróleos da República de Angola, pela bolsa de estudo para a frequência deste curso de mestrado;

A Dra Manuela Coelho, ao tempo, Directora de Recursos Humanos do Ministério dos Petróleos, pela intermediação no acesso à bolsa de estudo.

Ao meu orientador, Professor Doutor Mário Reis, pela dedicação, paciência e confiança na realização deste trabalho e pelas suas prestimosas orientações;

A Professora Doutora Maria de Belém da Costa Freitas, pelo acompanhamento e aconselhamentos multifacéticos recebidos;

A Professora Doutora Carla Rolo Antunes, pela sua permanente disponibilidade em ajudar a superar todos os percalços surgidos ao longo do curso;

A Direcção do Instituto de Desenvolvimento Agrário (IDA) pela permissão para a frequência do curso;

Aos técnicos da área de TIC's da Universidade do Algarve, pela ajuda prestada;

A D. Paula Caboz, funcionária da Faculdade de Ciências e Tecnologia por ter sido a primeira interlocutora com a UALG;

Aos meus colegas de curso, especialmente o Jorge Eusébio e a Catarina, pelo espírito de interajuda e camaradagem demonstradas ao longo da formação;

Ao chefe de Departamento Provincial do IDA-Bengo, Eng.º Manuel Gomes, ao supervisor provincial do IDA-Bengo, Sr. João Francisco Diogo e aos meus colegas técnicos responsáveis do IDA na região da Kissomeira, pela prestimosa ajuda e informações recebidas;

Ao Sr. Dala, presidente da Cooperativa de Agricultores da Kissomeira, pela ajuda prestada, sem a qual não seria possível a elaboração deste trabalho;

Aos responsáveis da administração da Kissomeira, pela permissão, cedência de dados e ajuda nos trabalhos de campo;

Aos meus amigos e colegas de trabalho que de perto ou à distância me acompanharam nesta caminhada académica;

A todos, uma enorme palavra de gratidão.

ÍNDICE GERAL

RESUMO	XI
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJECTIVOS	3
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
3.1 A BIOMASSA COMO FONTE DE ENERGIA	8
3.2 UTILIZAÇÃO DA BIOMASSA EM ANGOLA	12
3.3 O MILHO (<i>ZEA MAYS</i>) COMO CULTURA BIOENERGÉTICA	21
3.3.1 <i>Situação da produção do milho no mundo</i>	23
3.4 O PROCESSO DE PRODUÇÃO E CONVERSÃO DA BIOMASSA DO MILHO EM ENERGIA ELÉCTRICA.....	27
3.4.1 <i>Produção do milho</i>	27
3.4.1.1 <i>Preparação da terra</i>	27
3.4.1.2 <i>Época de sementeira</i>	29
3.4.1.3 <i>Escolha da semente e sementeira</i>	30
3.4.1.4 <i>O compasso e a densidade de sementeira</i>	31
3.4.1.5 <i>Fertilização</i>	32
3.4.1.6 <i>Controlo de Infestantes</i>	33
3.4.1.7 <i>Controlo de pragas e doenças</i>	34
3.4.2 <i>A Logística</i>	35
3.4.3 <i>Conversão de energia a partir da biomassa</i>	46
4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DO ESTUDO	54
4.1 <i>A cultura do milho na zona do estudo</i>	59
5. METODOLOGIA.....	64
5.1 ESTRATIFICAÇÃO DAS EAF.....	65
5.2 PROCEDIMENTO DE AMOSTRAGEM	65
5.3 REALIZAÇÃO DE INQUÉRITOS	66
5.3.1 <i>Entrevistas</i>	67
5.3.2 <i>Medição objectiva das parcelas</i>	67
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	78
6.1 RESULTADOS DA SONDAÇÃO	78
6.2 TAMANHO DA AMOSTRA DOS ESTRATOS IDENTIFICADOS	78
6.4 INDICADORES DE PRODUÇÃO.....	84
6.4.1 <i>Superfícies cultivadas</i>	84
6.4.2 <i>Quantidade de resíduos produzidos</i>	84
6.5 POTENCIAL ELÉCTRICO DOS RESÍDUOS DISPONÍVEIS E NECESSIDADES DE CONSUMO DA REGIÃO ...	87
6.5.1 <i>Quantidade de resíduos disponíveis</i>	88
6.5.2 <i>Potencial energético dos resíduos da região</i>	88
6.5.3 <i>Necessidades de consumo da região</i>	89
6.6 BALANÇO ENERGÉTICO DA REGIÃO	91
6.7 DISCUSSÃO	91
6.7.1 <i>Pressupostos</i>	91
6.7.2 <i>Proposta de planeamento de um sistema de logística e transformação de resíduos de milho para a região da Kissomeira</i>	97
6.7.4 <i>Escolha do tipo de conversor de biomassa</i>	100
7. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	102
8. BIBLIOGRAFIA	105
9. APÊNDICES	115

10.	ANEXOS.....	124
------------	--------------------	------------

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1 - Matriz energética mundial.....	9
Figura 3.2 - Ciclo do carbono na natureza.....	10
Figura 3.3 – Regiões agrícolas de Angola.....	14
Figura 3.4 - Usos das fontes de energia em Angola.....	18
Figura 3.5 - Relações entre energia e pobreza.....	19
Figura 3.6 - Projecção da potência instalada por fonte em 2025.....	20
Figura 3.7 - Zonas de aptidão da cultura do milho em Angola.....	25
Figura 3.8 - Representação esquemática do potencial de produtividade e seus factores limitantes.....	27
Figura 3.9 - Infiltração de água durante 9 horas em solo argiloso de mata ou campo nativo e de lavoura sob sementeira directa e sob mobilização convencional.....	29
Figura 3.10 - Disponibilidade de nutrientes no solo como critério definidor de estratégias de adubação.....	32
Figura 3.11 - Ilustração da operação de enleiramento Ilustração da operação de enleiramento.....	36
Figura 3.12 - Enfardadeira de fardos quadrados.....	38
Figura 3.13 - Equipamento para picar material enfardado.....	39
Figura 3.14 - Biomassa em forma de peletes.....	39
Figura 3.15 - Biomassa em forma de briquetes.....	41
Figura 3.16 - Fluxograma das fontes de biomassa, processos de conversão e energéticos produzidos3-16.....	47
Figura 3.17 - Diagrama esquemático do processo de conversão energética por ciclo a vapor.....	49
Figura 3.18 - Esquema do modelo de gaseificador concebido pelo IIC.....	52
Figura 4.1 - Mapa político da província do Bengo, Angola, na qual se situa a área do estudo.....	55
Figura 4.2 - Localização por satélite da Aldeia da Kissomeira, no Município do Dande, Província do Bengo.....	55
Figura 4.3 - Ilustração do stress hídrico na cultura do milho na Kissomeira.....	58
Figura 4.4 - Lançamento de semente na 2ª época, efectuada sobre o restolho da cultura anterior.....	61
Figura 4.5 - Aspecto de um campo de milho podendo-se observar a densidade das plantas, típica na região da Kissomeira.....	62
Figura 6.1 - Distribuição das explorações agrícolas familiares (EAF) pelos estratos na Região da Kissomeira.....	79
Figura 6.2 - Representação dos estratos da população na amostra.....	80
Figura 6.3 - Contribuição dos estratos na produção total de resíduos de milho.....	87
Figura 6.4 - Pesos comparativos das diversas fracções de resíduos da cultura do milho na Kissomeira.....	87
Figura 6.5 - Previsão de distribuição das cargas pelas diferentes parcelas de consumo.....	90
Figura 6.6 - Ilustração da debulha do milho na Kissomeira.....	93
Figura 6.7 - Fluxograma das operações envolvidas até a utilização final da biomassa do milho no processo de geração de energia eléctrica.....	98

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 3.1 - Maiores produtores de milho no mundo.....	24
Tabela 3.2 - Balanço alimentar do milho em Angola.	26
Tabela 5.1 - Grau de confiança e valor crítico pretendido.	66
Tabela 6.1 – Estratificação das EAF na região da Kissimeira.....	78
Tabela 6.2 - Resumo das quantidades de resíduos produzidos na Kissimeira na 2 ^a época 2018/2019.....	86

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ABNT – Associação brasileira de normas técnicas

AIE – Agência Internacional de Energia

ANGOP – Agência Angola Press

AREA – Agência Regional de Energia e Ambiente (Alto Minho)

BT – Baixa tensão

CAPIK – Cooperativa Agropecuária e Industrial da Kissomeira

CENBIO – Centro nacional de referência em biomassa (Brasil).

COOPERSUCAR – É a maior cooperativa brasileira de açúcar e etanol e um dos maiores exportadores globais destes produtos.

$\cos \varphi$ – Factor de potência eléctrica. Representa o desfasamento entre a tensão e a corrente eléctrica alternada. Expressa a razão entre a potência real ou activa pela potência total ou aparente e indica a eficiência com que a energia eléctrica é utilizada.

CR – Coeficiente de produção de resíduos.

EAF – Exploração agrícola familiar.

ECA – Escola no campo do camponês (do inglês “Field Farmer school”).

EDA – Estação de Desenvolvimento Agrário

EMBRAPA – Empresa brasileira de pesquisa agropecuária.

ENGASP- Empresa de Engenharia e Técnicas Afins, LDA.

EPE – Empresa de Pesquisas Energéticas.

FAO – Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura.

FEAGRI – Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP

GEE – Gases de efeito de estufa

GEPE – Gabinete de Estudos, Planeamento e Estatísticas

GEPROC – Gabinete de Estudos, Projectos e Consultorias.

GSA – Gabinete de Segurança Alimentar

GWh – Gigawatt/hora

ha – Hectare

IBEP – Inquérito Integrado Sobre o Bem-Estar da População (INE).

IBEP – International Bioenergy Platform (FAO).

INE – Instituto Nacional de Estatísticas de Angola.

IRSEA – Instituto Regulador de Sistemas e Electricidade e Águas

Kcal – Quilocalorias

Kg – Quilograma

kVA – Quilovolt-ampere

kW – Kilowatt

kWh – Kilowatt/hora

KZ – Kwanza (moeda nacional de Angola)

MINADER – Ministério da Agricultura e Desenvolvimento Rural

MINAGRIF – Ministério da Agricultura e Florestas

MJ – Megajoule

MME – Ministério Brasileiro de Minas e Energia.

MNEA – Ministério da Energia e Águas de Angola

MW – Megawatt

MWh – Megawatt/hora

NBR – Normas técnicas

OPV – Variedade de polinização aberta (*Open pollinization variety*)

PCI – Poder calorífico inferior

PCS – Poder calorífico superior

PROALCOOL – Programa do governo do Brasil criado para enfrentar a crise mundial do Petróleo e incentivar a produção de álcool combustível.

RDC – República Democrática do Congo.

RSU – Resíduos sólidos urbanos.

STEMAC – Empresa construtora de equipamentos eléctricos.

TANESCO – Tanzania Electric Supply Company

TANWAT – Tanganyika Wattle Company

THORUS – Empresa de engenharia.

ÚNICA – União da Indústria de Cana-de-Açúcar – é a entidade representativa das principais unidades produtoras de açúcar, etanol (álcool combustível) e bioeletricidade da região Centro-Sul do Brasil, principalmente do Estado de São Paulo.

Z – Score (também chamado de "valor padronizado", é uma constante que é definida de acordo com o nível de confiança. Ela indica o número de desvios padrão acima ou abaixo da média da população. É usado para comparar médias de conjuntos de dados diferentes homogeneamente distribuídos)

RESUMO

A Kissomeira é um conglomerado habitacional localizado numa região semiárida da Província do Bengo, Angola. Apesar da sua localização na região setentrional do País, à semelhança das zonas costeiras e de transição mais a sul, é notória a exiguidade de chuvas. Não obstante, a comunidade dedica-se à agricultura, sendo a cultura do milho, em regime de sequeiro, a principal actividade.

O conglomerado está desprovido de alguns serviços essenciais como o abastecimento de energia eléctrica e de água.

A sua actividade produtiva gera elevadas quantidades de resíduos que, regra geral, são deixados sobre os campos após a colheita, tendo por destino a incineração, com todos os efeitos nocivos que acarreta para a saúde das populações e para o meio ambiente.

A crise energética mundial tem levado muitos países a enveredarem pelo emprego de recursos naturais, menos nocivos para o ambiente, para a produção descentralizada de energia eléctrica, entre os quais a biomassa. Neste alinhamento, foi realizado o presente estudo que visou obter, de forma preliminar, um indicador da quantidade de resíduos efectivamente gerados pela cultura do milho nesta região e a viabilidade da sua utilização para o suprimento da sua necessidade energética.

O estudo consistiu na realização de um inquérito aos aldeões, subdividido em questionário e medição das parcelas. Os resultados indicam que na 2ª época do ano agrícola 2018/2019 foram produzidas cerca de 27 266 toneladas de resíduos de milho, com as quais, teoricamente, é possível gerar 12 230 MWh a 13 667 MWh de electricidade. Para uma avaliação correcta do interesse deste aproveitamento, realizou-se um balanço entre o potencial energético, tendo como referência a produção de 12 230 MWh, e a necessidade de consumo da área do estudo para o funcionamento da central de conversão da biomassa em electricidade, com uma incursão sobre o processo de recolha dos resíduos e funcionamento da central.

PALAVRAS-CHAVE: Milho (*Zea mays*); Biomassa; Exploração agrícola familiar; Conversão energética; Ciclo a vapor.

ABSTRACT

Kissomeira is a housing conglomerate located in a semi-arid region of Bengo Province, Angola. Despite its location in the northern region of the country, the slightness of rainfall is notorious like as along coastal and transition areas further south. Nevertheless, the community is dedicated to agriculture, and the corn crop, on a rainfed regime, is the main activity.

The conglomerate is devoid of some essential services such as electricity and water supply. Corn production generates high amounts of wastes which, as a general rule, are left on the fields after harvest, for incineration, with all the harmful effects it has on the health of the population and the environment.

The global energy crisis has led many countries to consider the viability of decentralized production of electricity using other resources, less harmful to the environment, such as the biomass. In this alignment, this study was elaborated to obtain, in a preliminary way, an indicator of the amount of waste actually generated by corn crop in the Region of Kissomeira and the feasibility of its use to supply energy need of this housing conglomerate.

The study conducted a survey of producers, subdivided into a questionnaire and measurement of plots. The results indicate that in the 2nd season of the 2018/2019 agricultural year, around 27 266 tons of corn residues were produced, with which, theoretically, it is possible to generate 12 230 MWh to 13 667 MWh of electricity. For a correct assessment of the interest of this development, a balance was made between the energy potential, having as a reference the production of 12 230 MWh, and the consumption need of the study area for the operation of the biomass-to-electricity conversion plant, with an incursion into the waste collection process and operation of the plant.

KEYWORD

Corn (*Zea mays*); Biomass; Family farming; Energy conversion; Steam cycle.

1. INTRODUÇÃO

A Kissomeira, uma aldeia inserida numa região semiárida, não possui rede pública de fornecimento de energia eléctrica nem de abastecimento de água, tanto para uso doméstico quanto para a irrigação dos campos de cultivo. Esta comunidade rural surgiu há cerca de 25-30 anos, no Município do Dande, Província do Bengo, localizada no litoral norte de Angola. A região tem a maior concentração de produtores de milho, em regime de sequeiro, ao nível de Angola, gerando anualmente consideráveis quantidades de resíduos deste cereal que, geralmente, ou são incorporados ao solo para reciclagem dos nutrientes ou pura e simplesmente são incinerados.

A biomassa possui um potencial energético, o que pode conferir aos resíduos uma utilização económica, socialmente útil e ambientalmente recomendável, em oposição à incineração a céu aberto. Nos tempos que correm, multiplicam-se pelo mundo variadíssimos exemplos de aplicação desta fonte energética na geração de electricidade ou co-geração desta e água quente, (Suçuarana, 2020). A biomassa é um dos mais abundantes recursos de energia renovável que tem sido usada, embora existam algumas dificuldades técnicas, económicas e políticas para a sua utilização.

No meio rural e em localidades isoladas, a utilização desta fonte de energia, de forma descentralizada, poderia ser priorizada como forma mais racional de suprimento energético (Pinto, 2008).

O acesso a electricidade a partir de uma fonte de geração ambientalmente segura é fundamental para a obtenção do desenvolvimento sustentável de qualquer território. Segundo a FAO (IBEP, 2006), citada por Moreno (2008), quatro de cada cinco pessoas que vivem no mundo de hoje sem electricidade, vivem em áreas rurais de países em desenvolvimento. Em muitos países de África, da Ásia e da América Latina as mulheres rurais têm de carregar diariamente 20 kg de lenha, única fonte energética ao seu alcance, por vários quilómetros. Na África subsaariana mais de 92% da população rural está sem electricidade. O número de pessoas vivendo com menos de 1 dólar por dia é praticamente o mesmo dos que não possuem acesso a energia comercial, FAO (IBEP, 2006), citada por Moreno et al. (2008).

Infelizmente, mantém-se a tendência para a satisfação das necessidades energéticas das comunidades tendo por base a expansão dos sistemas centralizados. Actualmente está a ganhar força a corrente de críticos ao planeamento centralizado da geração de electricidade, propondo a expansão da geração descentralizada, também designada por geração distribuída, como a principal opção para tornar a electricidade acessível a áreas remotas (Matos et al., 2013).

Por outro lado, a geração de energia eléctrica, por parte de uma comunidade, pode criar uma nova fonte geradora de recursos, principalmente se houver excedentes na produção, pois esta poderá ser comercializada à concessionária regional. Essa interligação entre os dois sistemas permite que a falta de energia por falha na central eléctrica local possa ser suprida pelo sistema geral. Além disso, essa ligação permite que o fornecimento de energia seja feito com qualidade, sem flutuações de tensão e frequência.

A situação energética da região do estudo poderá, no futuro, ser superada pela extensão da rede pública, todavia, os custos de um projecto desta magnitude seriam muito elevados. Segundo a FAO (IBEP, 2006), citado por Moreno (2008), levar a rede de energia eléctrica às áreas rurais remotas a partir de uma fonte centralizada, pode significar custos de até \$0,70 por kWh, aproximadamente 0,63 €, custo sete vezes maior que o custo de energia eléctrica distribuída em uma área urbana.

A disponibilização de energia eléctrica pode proporcionar aos produtores agrícolas condições para a bombagem de água para as culturas, a partir do subsolo ou de albufeiras alimentadas pelas águas das chuvas, e evitar os prejuízos na produção agrícola que geralmente se registam na região, em resultado dos recorrentes fenómenos de estiagem. Com a chegada da água à região, induzir-se-ia a diversificação de culturas (hortícolas, frutícolas e outras culturas alimentares) e melhorar substancialmente a dieta e a renda das famílias.

É nesta perspectiva que o presente estudo procurou contribuir no sentido de avaliar se as quantidades de biomassa resultantes da cultura de milho na região da Kissomeira são suficientes para produzir electricidade e satisfazer as suas necessidades energéticas de forma descentralizada e numa base sustentável.

2. OBJECTIVOS

O objectivo do estudo é avaliar o potencial energético dos resíduos da cultura do milho da região da Kissomeira, através da avaliação da sua disponibilidade, tendo em vista o seu emprego na geração de energia eléctrica para a satisfação das necessidades locais.

Especificamente, objectiva-se:

- Quantificar os resíduos da cultura do milho da região da Kissomeira;
- Avaliar o potencial energético dos resíduos gerados;
- Aferir a viabilidade de utilização dos resíduos gerados para a conversão em energia eléctrica em benefício da comunidade da Kissomeira.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Segundo a IEA (2010), citada por Marques (2015), prevê-se um aumento no consumo mundial de energia primária de cerca de 36% entre 2008 e 2035. Das fontes de energia primária existentes, os combustíveis fósseis vão continuar a ser a principal alternativa para satisfazer a procura prevista, apesar das projeções indicarem que a sua contribuição para assegurar a procura vai diminuir de 81% em 2008 para 74% em 2035. Esta diminuição ficará a dever-se ao aumento da utilização de fontes energéticas renováveis, para a produção de energia mundial, de 13% em 2008 para 19% em 2035, (IEA, 2010, citada por Marques, 2015). Na 26ª Conferência das Nações Unidas Sobre Alterações Climáticas, realizada em Glasgow, Reino Unido, 46 países subscreveram uma declaração que defende o fim da construção de centrais eléctricas de carvão, comprometendo-se em promoverem fontes de energias limpas (Diário de Notícias, 2021). O acordo firmado nesta cimeira defende a necessidade de "acelerar" a transição energética para fontes limpas. Também pede que os países "acelerem" os esforços para reduzir subsídios "ineficientes" a combustíveis fósseis e o uso de carvão que não utilize tecnologia de compensação de emissões (Meio Ambiente, 2021). Entre as fontes de energia renovável, merece destaque a biomassa.

Estima-se a existência de 2 biliões de toneladas de biomassa no globo terrestre, ou seja, cerca de 400 toneladas *per capita*, o que, em termos energéticos, corresponde a oito vezes o consumo mundial de energia primária, hoje da ordem de 400 EJ (exa-joules) por ano. Projeções da Agência Internacional de Energia (IEA) indicam que o peso relativo da biomassa na geração mundial de electricidade, deveriam passar de 10 TWh em 1995, para 27 TWh em 2020, (Bermann, 2008).

Biomassa é a matéria orgânica produzida numa determinada área de um ecossistema. Souza et al. (2002), citado por Dantas (2014), define-a como sendo todo o material orgânico de origem vegetal ou animal produzido e acumulado num ecossistema a partir da reacção entre o gás carbónico (CO₂ do ar), água (H₂O) e luz solar, no processo denominado por fotossíntese, conforme a equação química: $6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + \text{radiação} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$. A matéria orgânica constitui assim uma reserva de energia potencial, obtida através da fotossíntese.

Segundo Ekert et al. (2013), citando Martini (2009), a biomassa vegetal inclui os resíduos ligno-celulósicos, com teores variados de celulose, hemicelulose e lignina. Do ponto de vista da produção de energia considera-se biomassa a toda a massa orgânica que pode ser usada como combustível ou para a sua produção (Eckert et al., 2013). Apesar de os combustíveis fósseis, como petróleo, carvão ou gás natural, serem também derivados de matéria orgânica, precisam de milhares de anos para serem gerados, por isso não são considerados biomassa pois não são recursos naturais renováveis a curto prazo, (Nogueira e Rendeiro, 2008, citado por Eckert et al., 2013).

A biomassa é uma das fontes de energia com maior potencial de crescimento, segundo o Atlas de Energia Eléctrica do Brasil, citado pela Revista Terra (2013). É apontada como alternativa para a diversificação da matriz energética em todo o mundo. O seu desenvolvimento está acoplado à necessidade de redução da dependência de combustíveis fósseis, como o petróleo e o carvão, assim como de fontes renováveis que geram alto impacto ambiental, como a hidroelectricidade, além de favorecer a destinação sustentável para resíduos orgânicos urbanos, industriais e agrícolas.

Um interessante potencial sinérgico entre a produção de alimentos e de energia refere-se à utilização dos resíduos agrícolas, constituídos basicamente de materiais lignocelulósicos como palhas e folhas secas, frequentemente queimados no campo (Nogueira et al., 1995).

Uma das principais vantagens do uso de biomassa na geração de energia é o seu baixo custo de investimento. Segundo a CCEE/EPE (2005-2016) o custo de investimento base das usinas por fonte é menos oneroso para a biomassa, cerca de US\$ 3 049.000/MW , aproximadamente 2 744 100 €, do que para a maioria das outras fontes, que custam respectivamente: US\$ 3 050 000/MW, cerca de 2 745 000 € para a térmica a carvão mineral; US\$ 3 782 000/MW, cerca de 3 403 800 € para a hidroeléctrica; US\$ 4 365 000/MW, aproximadamente 3 928 500 € para a térmica a gás; US\$ 4 466 000/MW, cerca de 4 019 400 € para a eólica; US\$ 4 847 000/MW, cerca de 4 362 300 € para a solar; US\$ 5 400 000/MW, aproximadamente 4 860 000 € para a nuclear. Em contrapartida, segundo a mesma publicação, os custos operacionais das usinas a biomassa (cerca de 2,0% do custo de investimento) são relativamente maiores que os da energia eólica e da solar (cerca de 1,5% dos respectivos custos de investimento), somente superado pelo carvão mineral (cerca de 2,5% do custo de investimento). Quando comparados os geradores a diesel e a biomassa,

salta à vista o facto de que o investimento inicial do gerador de biomassa é maior, porém, considerando um período de exploração de 25 anos, o preço da biomassa, a taxa de desconto e a taxa de inflação o custo líquido presente é significativamente menor (Mansilha et al., 2017).

Outra vantagem da biomassa como fonte energética é o facto de ser renovável, permitir o reaproveitamento de resíduos e ser menos poluente que outras fontes de energia como o petróleo ou o carvão (uma central a biomassa possui balanço de carbono lançado na atmosfera mais favorável). Por exemplo, um gerador com um motor diesel emite 220 kg C/MWh para a atmosfera, (Rendeiro e Nogueira, 2008). Nos sistemas de geração energética à biomassa somente o carbono resultante do uso de equipamentos de transporte que funcionam a óleo diesel é adicionado a atmosfera. O restante é recirculado durante a produção da biomassa, pois a biomassa vegetal é um combustível renovável. As centrais a biomassa também possuem capacidade de resolver o problema ambiental dos passivos de resíduos vegetais que são abandonados ou queimados a céu aberto, (Rendeiro e Nogueira, 2008). Quanto aos aspectos sócio-econômicos, as centrais a biomassa têm a capacidade de serem integradas à economia local, pois elas geram mais empregos, directos e indirectos, que uma central a diesel, inclusive com necessidade de trabalhadores menos qualificados, que podem ser recrutados entre a população local e movimentam a economia local através da compra e transporte da biomassa, (Rendeiro e Nogueira, 2008). Em termos de custos de exploração, cada kWh gerado por uma central a biomassa tem valor muito inferior ao da geração a diesel (Rendeiro e Nogueira, 2008, corroborando com Mansilha et al., 2017. Esse valor não é competitivo em relação a geração hídrica, mas é competitivo com qualquer outra geração térmica (Rendeiro e Nogueira, 2008).

Basicamente, a biomassa é um hidrocarboneto que possui átomos de oxigénio na sua composição química, diferentemente dos combustíveis fósseis. A presença do oxigénio faz com que a biomassa requeira, para a sua combustão, menos oxigénio do ar, o que a torna menos poluente, mas conseqüentemente a quantidade de energia gerada é reduzida, diminuindo, por este facto, o seu poder calorífico superior, (Rendeiro e Nogueira, 2008, citado por Eckert et al. 2013).

Nas centrais a biomassa produz-se electricidade através da sua combustão, de modo a obter-se energia calorífica que ferve a água, originando vapor a alta pressão que é usado para

mover turbinas e accionar geradores eléctricos (Nogueira e Rendeiro, 2008, citados por Eckert et al., 2013). Apesar da combustão provocar a libertação de dióxido de carbono para a atmosfera, este dióxido de carbono já tinha sido absorvido pelas plantas que deram origem ao combustível, tornando o balanço de emissões de CO₂ nulo ou virtualmente nulo, (Nogueira e Rendeiro, 2008, citados por Eckert et al., 2013). Não obstante, Silva et al. (2016), destacam que no caso da biomassa, a terminologia “fonte limpa de energia” não é a mais adequada e sim o termo de “fonte renovável” de energia. Isso porque, invariavelmente, a transformação da biomassa (matéria-prima energética) em outras formas de energia requer tipicamente um processo de combustão associado, que por sua vez resulta na emissão de gases poluentes. Portanto, a avaliação adequada dessas emissões deve ser feita em comparação com aquelas emissões de gases resultantes da combustão de combustíveis fósseis sólidos (ex: carvão mineral, xisto e outros), líquidos (gasolina, diesel e outros) ou gasosos (gás natural e outros).

Em todos os casos, pode-se dizer que a utilização da energia da biomassa é o inverso da fotossíntese, pois se busca resgatar a energia solar armazenada pelo vegetal consumindo o oxigénio atmosférico e restituindo ao ar o dióxido de carbono (Pinto, 2008).

A retirada do coberto vegetal constituído pelas plantas e/ou seus resíduos pode-se afigurar como um inconveniente ao seu emprego para os fins energéticos. Isto porque os resíduos das culturas que ficam a superfície do solo após a colheita, protegem-no contra o impacto das águas da chuva, selando a superfície, diminuindo a desagregação, garantindo a maior infiltração da água e reduzindo o arraste de terra e proporcionam um armazenamento de maior quantidade de nutrientes e fertilizantes (Na Sala com Gismonti, Assuntos Sobre Agronomia, 2011).

Outro inconveniente é o facto de o aproveitamento da biomassa ser uma tecnologia relativamente nova pelo que a sua produtividade ainda se encontra isolada em determinadas iniciativas. Isso torna sua exploração cara de diversas formas, tanto para a iniciativa privada, quanto para a sociedade, muito embora, a longo prazo, seu uso represente um ganho imensurável (Revista Portal da Energia, 2020).

3.1 A biomassa como fonte de energia

O termo biomassa tem sido muito utilizado nos últimos anos, devido às preocupações relacionadas às fontes de energia. Segundo ANEEL (2009), citada por Freitas (2016), a biomassa pode ser caracterizada como qualquer matéria orgânica que possa ser transformada em energia térmica, mecânica ou elétrica. Tem sido usada como fonte de energia desde os primórdios da civilização humana. A biomassa mais simples e abundante na natureza, a madeira, ajudou o homem a dar grandes saltos na evolução. Com a madeira, utilizada na forma de lenha, o homem foi capaz de produzir fogo, ou seja, luz e calor, o que permitiu a transformação de materiais, e foi a fonte de energia que por milhares de anos permitiu ao homem evoluir suas tecnologias, (Freitas, 2016). Quando utilizada de maneira consciente e dentro de políticas ambientais, a biomassa poderá vir a ser outra fonte de energia renovável e que contribuirá para a preservação ambiental.

Os mecanismos actuais necessários para se obter energia por intermédio da biomassa não representam a inserção, no cenário mundial, de uma nova fonte de energia. Trata-se, sim, de uma requalificação e adaptação do uso de uma fonte de energia, que já está presente, em uso e consolidada pelo Homem há muitos anos. A novidade nesses mecanismos são os métodos e os parâmetros seguidos nestes mecanismos. Toda a tecnologia actual para o uso da biomassa como fonte energética é orientada pela sustentabilidade, busca do máximo de eficiência e respeito aos procedimentos considerados ecologicamente corretos (Freitas, 2016).

A partir da crise do petróleo de 1973, passou-se a prestar maior atenção à importância da biomassa como fonte energética no mundo. Todavia, a matriz energética mundial, segundo a AIE (2014), até meados da segunda década do novo milénio, ainda era comandada pelo petróleo e seus derivados, como representado na Figura 3.1 - Matriz energética mundial.

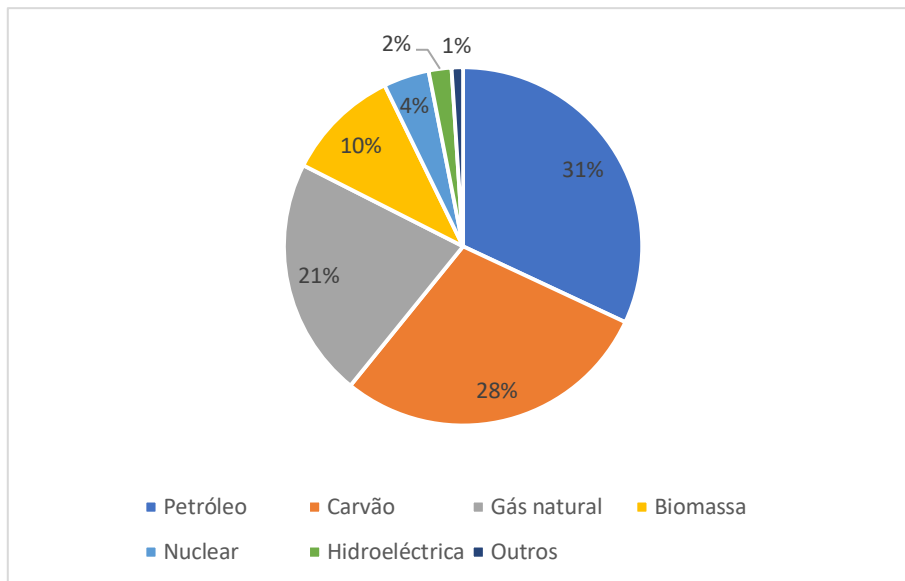


Figura 3.1 - Matriz energética mundial.

Fonte: Agência Internacional de Energia, adaptado por Andrade (2014).

A baixa eficiência de transformação energética da biomassa tem servido de pretexto para a exclusão desta fonte na maioria dos esquemas de produção energética, nomeadamente a eléctrica. Todavia, programas nacionais começaram a ser desenvolvidos visando o incremento da eficiência de sistemas para a combustão, gaseificação e pirólise da biomassa. Silva et al. (2020), afirma que atualmente a biomassa já representa cerca de 14% da energia consumida no mundo. Ainda segundo Silva (2020), os programas de produção energética a partir da biomassa, considerados mais bem-sucedidos são:

- O PROÁLCOOL no Brasil;
- Aproveitamento do Biogás na China Continental;
- Coque vegetal no Brasil;
- Aproveitamento de madeira para fins energéticos na Suécia;
- Aproveitamento de resíduos agrícolas na Grã-Bretanha;
- Plantações de eucaliptos na Etiópia;
- Aproveitamento do bagaço de cana nas Ilhas Maurício.

Na actualidade, a utilização de energia eléctrica a partir da biomassa ocorre principalmente na Austrália, Ásia, Caribe e América Latina, regiões do mundo com alto potencial para adoptar a utilização desta fonte de energia. Regiões como Oriente Médio e Europa possuem maior dificuldade de produção de biomassa, por possuírem poucas matérias-primas necessárias para a sua produção.

Segundo Freitas (2016), de entre todos os tipos de biomassa existentes, os mais utilizados no Brasil para a geração de energia eléctrica são: lenha, carvão vegetal, resíduos de madeira e lixívia negra (biomassa de origem florestal); palha e bagaço de cana-de-açúcar, palha e casca de arroz, capim-elefante, palha do milho, palha da soja e biomassa derivada de outras culturas agrícolas; lixos líquidos e sólidos (rejeitados urbanos e industriais).

Nos países em desenvolvimento, o uso de biomassa em forma de lenha ou carvão vegetal para geração de calor representa cerca de 35%, sendo a sua maior fonte energética (Silva et al, 2020). Esta é apontada como a principal causa do desflorestamento acelerado que se assiste nestes países.

A utilização de biomassa na geração energética enquadra-se no ciclo natural do carbono, conforme ilustrado na Figura 3.2 - Ciclo do carbono na natureza.

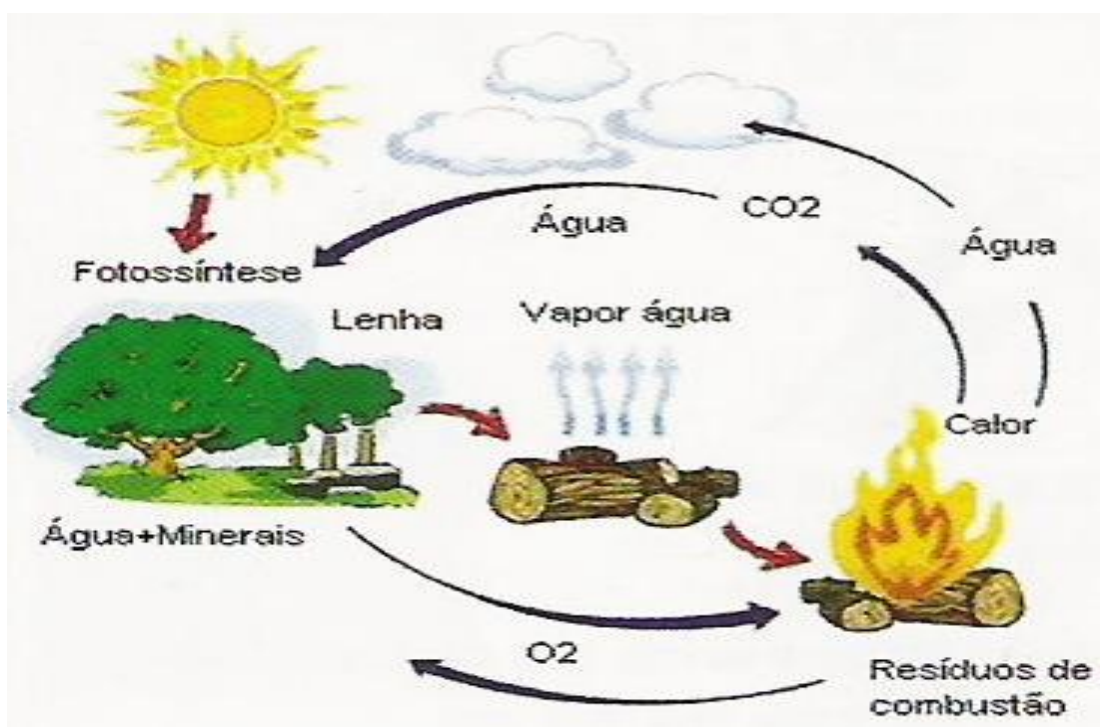


Figura 3.2 - Ciclo do carbono na natureza.
Fonte: Meio ambiente (2019).

Entre a biomassa vegetal destacam-se os resíduos agrícolas, que, segundo Werther et al. (2000), citado por Eckert (2013), são fonte potencial de energia. Segundo Matos (2005), citado por Eckert (2013), a produção de resíduos agrícolas é variável, pois depende da

espécie cultivada, o destino da mesma, das condições climáticas e da fertilidade do solo, entre outros.

O uso da biomassa como fonte de energia está intimamente associado ao conceito de desenvolvimento sustentado (Freitas 2016). Segundo Bert & Christensen (2003), citados pela ENGASP (2014), a crescente procura de biomassa como fonte energética (calor ou electricidade), assim como de combustíveis líquidos e gasosos, é justificada pelos seguintes fatores: contribuição para a diminuição da pobreza em vários países em desenvolvimento; satisfação das necessidades de energia sem necessidade de recurso a equipamentos de conversão dispendiosos; produção de energia sob diferentes formas; contribuição para a requalificação de terrenos degradados, aumentando a biodiversidade, fertilidade do solo e retenção de água. Enquanto isso, Hall & Combs (1987), citados por ENGASP (2014), consideram que o aumento da procura da biomassa também está relacionado com o aumento da procura energética, considerações políticas e pressões internacionais de organizações ambientais não-governamentais.

Freitas (2016) afirma que a biomassa tem um potencial enorme que ainda não foi explorado. Para elucidar, considera-se o uso de um gaseificador de biomassa (grupo gerador) que pode gerar em média 1 kWh de electricidade por cada 3 kg de resíduo de biomassa com 15% de humidade. O Poder Calorífico Inferior (PCI) médio de diferentes tipos de biomassa vegetal, com 80% de carbono e oxigênio, é de 18,1 MJ/kg de resíduo, o que é aproximadamente 38,5% do poder calorífico do gás natural (47,1 MJ/kg), (Sousa et al., 2002, citado por Freitas, 2016). Embora o PCI seja inferior ao do gás natural, as vantagens em relação ao meio ambiente e oferta de matéria-prima, entre outros, justificaria a escolha da biomassa como fonte de energia. No mesmo alinhamento está Wekesa (2013), citado por Otchere-Appiah e Hagan (2014), ao afirmar que, no caso do milho, a quantidade de electricidade que se pode produzir com a biomassa seca disponível é cerca de 1,5 MWh por tonelada de biomassa seca.

Alterima (2012), resume, nos termos seguintes, as vantagens e as desvantagens do uso da biomassa como fonte energética:

Vantagens:

- Baixo custo de aquisição;
- Emite menos dióxido de enxofre do que os combustíveis fósseis;
- As cinzas são menos agressivas ao meio ambiente do que as provenientes de combustíveis fósseis;

- Menor corrosão dos equipamentos (caldeiras, fornos);
- Menor risco ambiental;
- Recurso renovável;
- Emissões não contribuem para o efeito de estufa;
- É altamente fiável e consegue dar resposta a variações de procura elevada.

Desvantagens:

- Menor poder calorífico;
- Maior possibilidade de geração de partículas resultantes da combustão para a atmosfera. Isto significa maior custo de investimento para a caldeira e os equipamentos para remoção dessas impurezas;
- Quando é utilizada biomassa proveniente de floresta natural, se a recolha não for criteriosa, pode-se dar origem à desflorestação, além da destruição de habitats;
- Dificuldades no transporte e no armazenamento (e na colheita quando se trata de resíduos agrícolas);
- Contribue para a formação de chuvas ácidas;
- Disponibilidade condicionada pela sazonalidade (principalmente quando se utiliza a biomassa agrícola).

3.2 Utilização da biomassa em Angola

O território angolano ocupa uma extensão de 1 246 700 km². O relevo, as correntes marítimas e as áreas de alta pressão atmosférica influenciam diretamente nas características climáticas do país levando a que existam regiões de floresta tropical húmida, nas regiões mais setentrionais, que vai paulatinamente rareando com a latitude até emergir num rigoroso deserto na região sudoeste, depois de passar por regiões de floresta aberta e pela savana. Este mosaico florístico e climático favorece não só a abundância e diversidade de recursos em biomassa, nas diferentes regiões, como também a prática das mais variadas culturas agrícolas.

Em suma, Angola tem excelente base de recursos naturais para a produção agrícola, pecuária e silvícola, e imensa variedade de culturas propícias para a produção de biocombustíveis (O Petróleo, 2015).

Segundo o GEPROC (2004), nas últimas décadas do período colonial, as explorações agrícolas familiares configuravam 36 zonas geo-económicas, tendo em conta a diversidade das condições ambientais, os sistemas culturais presentes e a cobertura em infra-estruturas, mercados e serviços. O mesmo autor afirma que essa zonagem sofreu algumas alterações após a independência mas dado que se baseava, em grande parte, nos aspectos culturais dos camponeses e nos factores ambientais, continua a ter alguma validade. Tendo por base os elementos dessa zonagem e as observações recentes da pesquisa de terreno, o Ministério da Agricultura e Desenvolvimento Rural (MINADER), delimitou recentemente o território nacional em cinco grandes regiões agrícolas para caracterizar o sector agrário do País, conforme se descreve a seguir, que corresponde à regionalização da Figura 3.3, citada por Santana e Venda (2018).



Figura 3.3 – Regiões agrícolas de Angola.
Fonte: MINADER (2018), citado por Santana e Venda (2018).

As características de cada uma destas regiões mencionadas por GEPROC (2004), são fundamentalmente as seguintes:

Região I- Corresponde às zonas litorais de baixa altitude, com economia assente na agricultura de sequeiro e com o aproveitamento das faixas aluvionares dos principais rios, aparecendo a pesca continental e de costa com relativa importância. A cultura principal desta região é a mandioca, complementada pelo milho nas zonas de solos mais pesados, pelo palmar nas galerias e pela pesca artesanal, tanto nas águas interiores como na costa marítima. Reúne municípios de parte das províncias de Cabinda, do Zaire, do Bengo, Luanda e do Cuanza Sul.

Região II- Compreende as zonas planálticas e sub planálticas do Norte do País, de clima tropical húmido, com economia camponesa sob influência de culturas do “complexo malaio” e de culturas industriais anuais e perenes. Com predomínio da cultura da mandioca como base alimentar da população e com excedentes comercializáveis, complementada por

culturas anuais para consumo e mercado e por plantações de café e palmar. Engloba a província do Uíge e parte das províncias de Cabinda, Zaire, Bengo, Cuanza Norte, Malange e Cuanza Sul).

Região III- Representa o Planalto Central e as zonas subplanálticas de transição norte, com condições ambientais moldadas pela altitude e pela localização continental, de clima mesotérmico chuvoso onde, tradicionalmente, a economia camponesa assenta na produção de cereais, tem uma forte componente mercantil. Predomínio da cultura do milho como base alimentar e produto com forte participação na comercialização, complementada por outras culturas anuais para consumo e para o mercado: feijão, batata rena e hortícolas. A cultura do café arábica e algumas fruteiras são praticadas em algumas zonas. Compreende a província do Huambo e parte das províncias do Cuanza Sul, Benguela, Bié e Huila.

Região IV- Produção agrícola com base na mandioca a norte e em cereais no sul, incluindo zonas orizícolas de sequeiro, tendo como componente muito importante da economia doméstica a recolocção, a caça e a pesca. Reúne as zonas do leste de Angola em que a economia das comunidades rurais assenta na agricultura para o autoconsumo, sendo fortemente complementada pela recolocção. Compreende as províncias da Lunda Norte, Lunda Sul, Moxico, Cuando Cubango e parte das províncias de Malange, Bié e Huila.

Região V- Tem como característica dominante a economia agro-pastoril, aumentando a importância da pastorícia à medida que as condições de aridez se acentuam. Tem por base a criação de bovinos e sendo a agricultura dominada por cereais principalmente para o autoconsumo (massango e massambala). Nas zonas planálticas há excedentes de produção de cereais para o mercado. Engloba parte das províncias de Benguela e Huila e as províncias do Namibe e do Cunene.

Não obstante o recorrente fenómeno de estiagem que se verifica, nas últimas décadas, nas regiões meridionais, evidenciando a presença de alterações climáticas, Angola possui enormes recursos em biomassa devido a existência de formações florísticas naturais favorecidas pela abundância de cursos de águas, superficiais e subterrâneas. Estas condições também favorecem a prática agrícola, desde que satisfeitas as exigências hídricas das culturas, na maior parte do território, da qual resultam incalculáveis quantidades de resíduos que podem ser empregues na produção energética.

Os grandes benefícios para o país, de uma estratégia para o uso dos bioenergéticos, residem no aumento da oferta de empregos no meio rural, introdução de fontes de energia alternativas e renováveis, aumento de áreas cultivadas e diversificação da produção. Outras vantagens são a possibilidade de exportação de bioenergia, contribuindo para o aumento da renda nacional e aumento de disponibilidade energética nas zonas rurais.

Contudo, Angola apresenta um grande déficit de energia eléctrica pois que disponibiliza anualmente 140 kWh/por habitante, o que o coloca atrás da média de consumo per-capita em África. Estimava-se que apenas 37% da população do território tem acesso a energia eléctrica, situando-se 70% destes consumidores na capital do país (Banco Mundial 2016, citado pelo Actualitix World Atlas, 2016). Este indicador revela a existência de assimetrias regionais no território e faz com que o país ocupe uma posição modesta no ranking de países africanos. Em termos comparativos, o número de beneficiários de energia eléctrica, por exemplo, na África do Sul é de 87,4%, no Gabão é de 89%, enquanto nos cinco países do Magreb ascende aos 100%. A assimetria mencionada tende a ser minimizada com a implementação de um vasto programa, já em curso, de electrificação do território, consubstanciado pela constituição de três sistemas eléctricos; o do Norte, de longe o mais potente; o do Centro; o do Sul, e a interligação entre si. Neste âmbito, imponentes centrais hidroeléctricas estão sendo implantadas ao longo das principais bacias hídricas do país, com destaque para o médio curso do Rio Cuanza, o maior rio inteiramente angolano, que corta o território sensivelmente em diagonal, o que favorece a estratégia de interligação e abastecimento de electricidade das principais municipalidades do país. Simultaneamente, está sendo erguida uma central híbrida (diesel-gás natural) e alguns aproveitamentos fotovoltaicos com vista o aumento da disponibilidade de energia eléctrica. Saliente-se que a maior parte das instalações de produção de energia situam-se na metade ocidental do território, onde também se concentravam os mais importantes centros populacionais e a maior atividade industrial.

Todavia, no presente momento, a contribuição da biomassa neste esforço de diminuição das assimetrias sociais e lançamento do território para o desenvolvimento, em rigor, resume-se à utilização da biomassa da cana-de-açúcar na indústria açucareira da qual resulta a produção de etanol e de electricidade pelas respectivas unidades industriais.

O consumo anual de energia eléctrica em Angola rondou 5 mil milhões de kWh em 2016 (AIE, 2016, citado pela Actualitix World Atlas, 2016), contra 212 mil milhões da África do

Sul, 7 mil milhões da República Democrática do Congo (RDC) e 8 mil milhões da Zâmbia. No período referenciado, Angola consumiu toda a sua produção, em contraste com os vizinhos Zâmbia, RDC e África do Sul que produziram acima do que consumiram e exportaram para países vizinhos.

Cerca de 80% dos angolanos dependem da biomassa para satisfazer grande parte das suas necessidades para a produção de calor e para a iluminação. A floresta natural é o recurso de biomassa mais importante do país, ocupando cerca de 59 milhões de hectares (AIE, 2006). Nas zonas rurais, usa-se principalmente a lenha, enquanto há preferência pelo carvão vegetal nas zonas periurbanas e suburbanas dado o seu baixo peso de transporte, facilidade de armazenamento e baixa emissão de fumo. A maior parte do uso inadequado de biomassa consiste no abate de árvores para produzir carvão vegetal para fornecer às zonas periurbanas. Estes recursos foram deixados relativamente intocáveis até a ascensão do território à independência nacional e em parte devido a guerra civil que se lhe seguiu (San Martin et al., 2012). Com o fim da guerra, assiste-se a uma desflorestação intensiva em torno das grandes cidades.

O uso corrente da biomassa ao nível doméstico, nos transportes ferroviários, na indústria e nas plataformas de conversão de energia eléctrica teve um período áureo no território, na chamada “era do vapor” antes do alcance da independência. A introdução gradual de equipamentos movidos a combustíveis fósseis e a instalação de algumas centrais hidroeléctricas levou à quase extinção destas aplicações, até há relativamente poucos anos. A grelha de utilização de energia primária em Angola apresenta o panorama conforme a Figura 3.4 - Usos das fontes de energia em Angola 60% é atribuído a biomassa (recursos lenhosos), 37% nos derivados de petróleo e 3% de electricidade (San Martin et al., 2012).

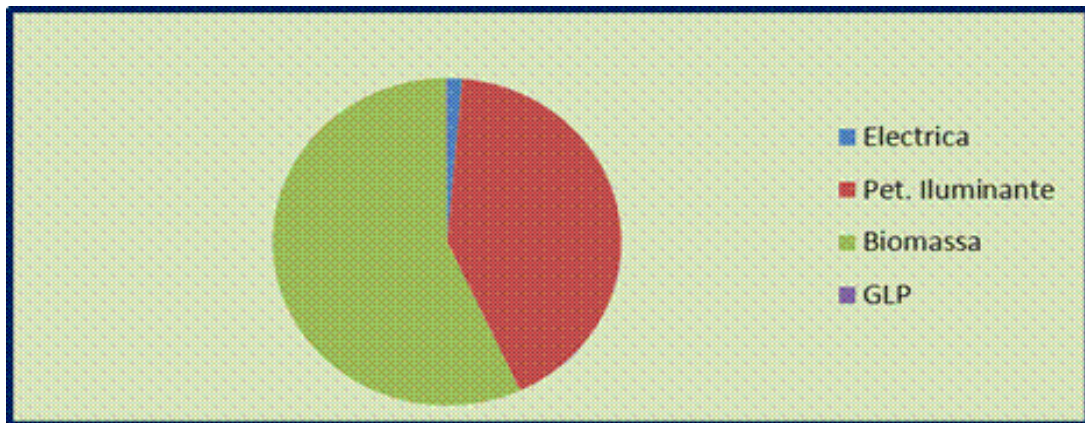


Figura 3.4 - Usos das fontes de energia em Angola.
Fonte: San Martin et al. (2012).

Segundo Cariango (2020), a matriz de produção de energia eléctrica em Angola é formada actualmente por fontes hídricas que representam mais de 80% do total de energia produzida e o restante distribuído em fontes térmicas, com uso de gasóleo, Jet B, gás natural e fontes híbridas abarcando tecnologia térmica e fotovoltaica ainda em fase de crescimento. Prevê-se, futuramente, o uso de fontes eólicas em algumas províncias. Perspectivando uma inversão da tendência actual, o Governo de Angola elaborou uma estratégia para implementação até ao ano 2025, na qual se preconiza que, àquela data, 7,5% da electricidade gerada no país deverá ser proveniente de fontes de energias renováveis, prevendo-se a instalação de 800 MW (Atlas e Estratégia Nacional para as Novas Energias Renováveis, 2015). A estratégia proposta assume que Angola tem um potencial de geração eléctrica com base em energia da biomassa e RSU de 3,7 GW repartidos por 42 projectos. Destes, 3,3 GW estão associados à vertente florestal.

A Estratégia de 2002 do MNEA, no referente a electrificação rural, apela à investigação e quantificação do potencial das diversas energias renováveis para serem aplicadas na electrificação rural, incluindo a energia solar, mini e micro hídrica, eólica, biomassa e sistemas híbridos.

A utilização ineficaz de biomassa nos lares pode provocar graves problemas de saúde devidos a poluição provocada pelo fumo dentro das casas (AIE, 2006). A fumo vindo dos fogões a lenha contém centenas de substâncias perigosas para a saúde, que provoca doenças respiratórias, como asma e infeções respiratórias agudas; problemas obstétricos, como natimorto ou baixo peso ao nascimento; cegueira e doenças cardíacas.

As questões importantes a serem resolvidas pelo Governo Angolano, de modo a garantir o uso sustentado de biomassa, incluem a eficiência do processo de produção de carvão vegetal (ex: com fornalhas mais eficientes), a eficiência e segurança no consumo final (ex: com fogões mais eficientes e seguros) e a procura de fontes alternativas de energia (AIE, 2006). Um dos factores que agrava a procura de biomassa florestal em Angola é o elevado número de pobres que, além de não terem acesso a serviços de saúde, a água potável e a produtos agrícolas, têm um limitado acesso aos combustíveis fósseis e dependem quase exclusivamente da biomassa para cozinhar e para o aquecimento ou como fonte de renda das famílias (AIE, 2006). A Resolução nº 122/09 do Conselho de Ministros aprovou a Estratégia para o Desenvolvimento dos Biocombustíveis, segundo a qual “O desenvolvimento dos biocombustíveis em Angola, deverá ter uma visão social marcada, visando acrescentar valor às economias familiares, constituindo-se em mais uma forma de consolidar os esforços de combate à pobreza”. Efectivamente, a energia tem uma relação directa com a qualidade de vida das populações tal como elucidado na Figura 3.5.

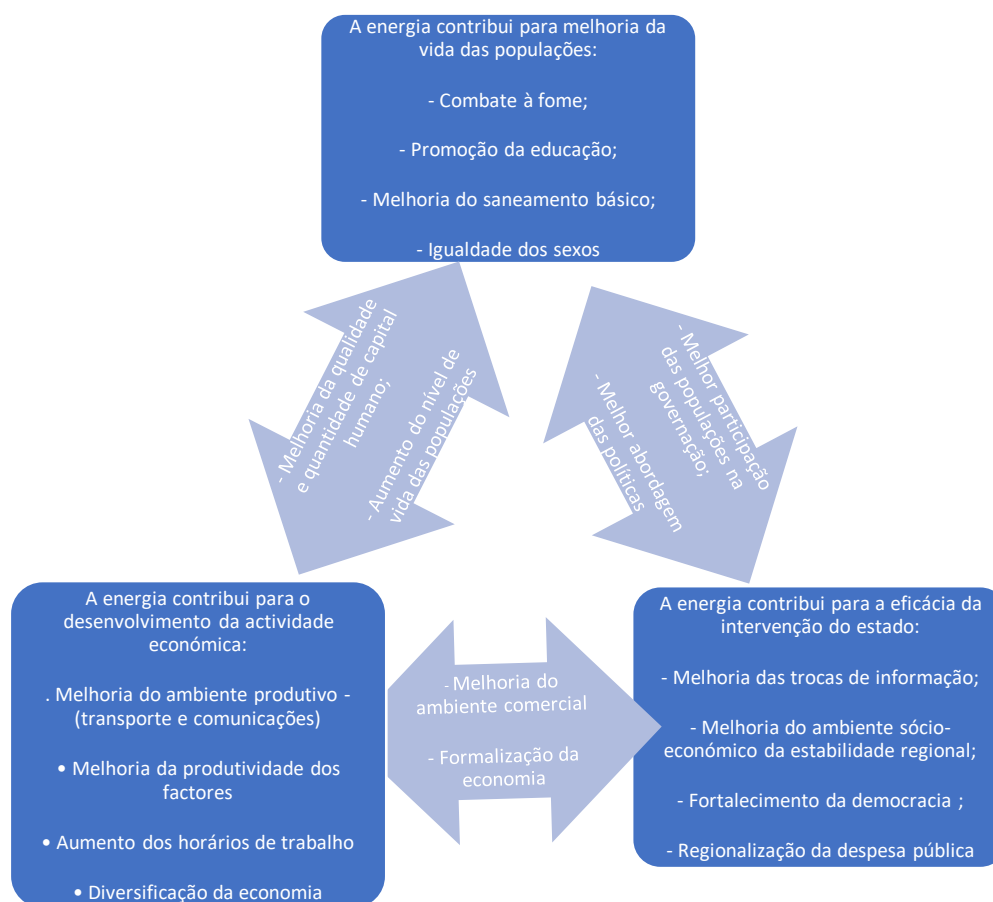


Figura 3.5 - Relações entre energia e pobreza.

Fonte: adaptado (Angola, Desenvolvimento de uma Estratégia para Energia, 2006)

Um dos factores que deverá estar na base do pouco investimento privado no sector eléctrico é a tarifa praticada que, por força do nível social da maioria da população, principalmente a rural, torna o retorno dos investimentos muito morosos. A título ilustrativo, no portal do Instituto Regulador dos Sistemas de Electricidade e Água (IRSEA) consta que o preço de venda de energia eléctrica fornecida a uma tensão inferior a 1 kV, para consumo doméstico, com potência contratada até 1,3 kVA, designada Baixa Tensão (BT) Doméstica Social I, é de KZ 2,46/kWh, cerca de 0,005 €/kWh. Esta tarifa é aplicada a clientes cujo consumo médio mensal do período da factura seja inferior ou igual a 120 kWh. O preço será o resultado da aplicação da fórmula seguinte: $F = 0 + 2.46 \times W$, conforme Anexo 2. Para o consumo de 120 kWh, este valor representa um encargo mensal de KZ 295.20, aproximadamente 0,6 €, valor que pode ser desprezível no meio urbano, mas não no meio rural se tivermos em conta que o índice de pobreza no território é da ordem de 36,6% (Banco Mundial - Actualitix, World Atlas, 2008), pressupondo que esta franja da população vive com menos que USD 1/dia ou seja, menos que 0,96 €/dia.

Preconiza-se que até ao ano 2025 a matriz energética nacional seja conforme representado na Figura 3.6, na qual se denota uma grande preocupação na busca de fontes energéticas limpas, sendo que, pela primeira vez, as novas e renováveis fontes deverão suplantar os combustíveis fósseis. Nesta antevisão, a energia hidroeléctrica representará cerca de 66% da produção nacional e as fontes renováveis 8%. Não é destrinchada, neste indicador, qual a fatia de energia que será obtida com recurso a biomassa.



Figura 3.6 - Projecção da potência instalada por fonte em 2025.
Fonte: MNEA (2002)

Angola poderia servir-se da experiência de outros países africanos na utilização de resíduos florestais para a produção de energia (AIE, 2006). Por exemplo, na Tanzânia, a empresa

privada Tanganyika Wattle Company (TANWAT) possui plantações florestais com cerca de 15 000 ha. Esta empresa tem uma central eléctrica de 2 500 kW e produz anualmente, desde 1995, cerca de 13 147 GWh de electricidade a partir de 41 687 toneladas de biomassa. A central eléctrica fornece electricidade suficiente para cobrir as diversas necessidades da empresa, designadamente a fábrica, a serração e a unidade de tratamento de madeiras para construção, incluindo os escritórios e edifícios ligados à empresa. A energia suplementar produzida é fornecida a uma plantação de chá vizinha e a remanescente vendida à empresa de electricidade TANESCO.

3.3 O milho (*Zea mays*) como cultura bioenergética

Pinto (2008), referindo-se à utilização de resíduos de algumas culturas agrícolas (algodão, arroz, cana-de-açúcar, feijão, milho, soja, sorgo e trigo) para a geração de energia eléctrica, afirma que, com base no critério económico e no social e a viabilidade, a implantação de uma central para geração descentralizada de energia eléctrica pode ser possível.

O milho é uma planta da família *Gramineae* e da espécie *Zea mays* L. Comumente, o termo se refere à sua semente, um cereal de altas qualidades nutritivas. É extensivamente utilizado como alimento humano ou ração animal. Tem alto potencial produtivo e responde bem à tecnologia.

Freitas (2016), afirma, relativamente ao aproveitamento energético, que o milho também tem despertado muito interesse nos últimos anos, principalmente nos Estados Unidos da América, onde ocorre a maior produção mundial desse cereal. A partir do milho pode obter-se etanol. O poder calorífico inferior (PCI) dos resíduos do milho, segundo Freitas (2016), é de 4 227 kcal/kg (equivalentes a 17 690 kJ/kg). Porém, o milho apresenta uma desvantagem em relação à cana-de-açúcar, já que possui menor rendimento por unidade de área: em um hectare é possível produzir cerca de 90 t de cana-de-açúcar com as quais é possível produzir cerca de 7 000 l de etanol, enquanto um hectare de milho produz algo próximo de 20 t de grão que podem produzir cerca de 3 500 l de etanol, (UNICA, 2010, citada por Freitas, 2016). Uma chamada de atenção que o autor faz, prende-se com o facto de o milho ser um cereal que faz parte da alimentação humana e o uso desse grão, para a produção de energia, poder causar uma variação de seu preço ou faltar em algumas regiões. Por isso, para os fins energéticos, deve-se utilizar os resíduos da cultura em lugar do grão. Através da queima

desses resíduos pode-se gerar calor que pode ser utilizado para a produção directa ou indirecta de energia eléctrica.

O milho é considerado como uma das mais eficientes plantas na conversão de energia solar e, conseqüentemente, na produção de biomassa. Segundo Andrade (1995), citado por Vale et al. (2013), uma semente com 260 mg de massa produz, num período próximo a 140 dias, de 0,8 a 1,2 kg de biomassa. Segundo o mesmo autor, apesar de elevados potenciais produtivos, os resíduos da cultura não têm sido utilizados em grande escala para a geração de energia, principalmente quando o cultivo é destinado à produção de biomassa (milho forrageiro). O cultivo de milho para grão também produz consideráveis quantidades de resíduos vegetais. Estudos realizados por Koopmans e Koppejan (1997), citados por Dantas (2013), indicam a existência de um rácio de cerca de 2,3 t de resíduos por cada tonelada de grão produzida (com 15% de humidade). Os resíduos resultantes (sabugo, folha, colmo e palha), genericamente designados por palhada, via de regra, são deixados nas respectivas parcelas de cultivo para reciclagem dos nutrientes. Este facto pressupõe um desperdício de elevada quantidade de biomassa que, para além da reciclagem de nutrientes através da restituição ao solo ou para a alimentação de animais, pode ter outro aproveitamento: a produção de energia. Comparativamente a outras fontes de biomassa agrícola para geração de electricidade, estes resíduos acabam tornando-se combustíveis mais caros porque são descartados nas parcelas de cultivo representando a sua recolha, um encargo adicional. Por isso, para que haja sucesso no processo de conversão energética dos resíduos do milho, o segmento de recolha destes terá que ser o mais eficiente possível. Segundo Freitas (2016), com uma adaptação do actual sistema de colheita do grão, os resíduos podem passar de biomassa descartada para biomassa energética. Para tal, é necessário que as empresas produtoras de equipamentos desenvolvam e ofereçam ceifeiras-debulhadoras que recolham o grão e descartem os resíduos em montes, carreiras ou os armazenem temporariamente em depósitos na máquina.

Para viabilizar o processo de logística e obstar dos inconvenientes geralmente apresentados em relação aos resíduos da cultura do milho, Kerdsuwana et al. (2015), num estudo realizado na Tailândia ao nível do sector familiar e atendendo às características topográficas do território, demonstraram a viabilidade de um modelo de recolha manual de resíduos secos de milho. A operação custa cerca de 17,95 € por tonelada recolhida e aponta-se que um trabalhador tem capacidade de recolher até 501,28 kg de resíduos, com 15% de humidade.

Relativamente ao transporte dos resíduos não processados, os autores do estudo mostraram-se favoráveis ao emprego do camião em detrimento do tractor (devido à reduzida capacidade dos seus atrelados e também devido a reduzida velocidade no transporte secundário (desde o ponto de concentração ao armazém), tendo o custo sido calculado em 15,00 € por tonelada, para distâncias até 20 km. No concernente ao lado económico, o autor afirma que o custo global da biomassa gerada foi calculado em 44,46 € - 51,12 € por tonelada.

Torna-se necessária a implantação de uma unidade de processamento para melhorar as propriedades dos resíduos da cultura do milho a serem utilizadas como combustível sólido, segundo Kerdsuwana et al. (2015), podendo ser estabelecida como uma instalação centralizada ou no campo onde o resíduo é gerado. O produto pode apresentar-se em forma de fardos ou em forma de peletes que podem ser facilmente transportados e armazenados para serem usados como matéria-prima para aquecimento ou geração de energia por combustão direta, co-geração ou tecnologia de gaseificação.

3.3.1 Situação da produção do milho no mundo

O consumo de milho tem aumentado substancialmente. O rápido crescimento da indústria do etanol nos Estados Unidos da América, a evolução dos países asiáticos, os novos mercados e o aumento da população são algumas das razões que levaram a que o consumo mundial do milho tenha tido um crescimento de mais de 35% durante a última década (FAS, 2014, citado por Dias, 2018). Outra preponderância atribuída ao milho é por ser o principal componente na composição da ração dos animais. Na actualidade, o milho é o cereal mais cultivado no mundo, com produções superiores a 1 mil milhão de toneladas em 2018, sendo os Estados Unidos da América o maior produtor, seguido pela China e pelo Brasil. Os Estados Unidos da América e a China, produzem juntos cerca de 58% do total mundial (Atlasbig, 2018). **A Erro! A origem da referência não foi encontrada.** apresenta a lista de países melhor posicionados no ranking de produtores.

Tabela 3.1 - Maiores produtores de milho no mundo.

País	Produção em 2018 (toneladas anuais)
Estados Unidos da América	392.450.840
China	257.173.900
Brasil	82.288.298
Argentina	43.462.323
Ucrânia	35.801.050
Indonésia	30.253.938
Índia	27.820.000
México	27.169.977
Roménia	18.663.939
Canadá	13.884.800
Total Mundial	1.147.621.934

Fonte: FAOSTAT (2018)

O país africano melhor posicionado no ranking mundial de produtores de milho é a África do Sul.

No ano em referência, Angola obteve 1 500 000 t, tendo, pelo facto, ocupado o modesto 50º lugar no ranking mundial e o 12º na lista dos países africanos. A maior quota da produção angolana é atribuída às Explorações Agrícolas Familiares (EAF), com rendimentos geralmente baixos, facto atribuído às adversidades climáticas, à utilização de sementes de má qualidade, à fraca observância das recomendações técnicas, ao fraco nível de capitalização dos produtores e consequentes baixa quantidade e qualidade de insumos utilizados.

O milho está presente, com maior ou menor representatividade, em toda extensão do território nacional. Relativamente ao seu zoneamento, Costa (2018), utilizou um modelo que cruzou os atributos do clima e do solo, para prever as melhores épocas de sementeira que determinem altas produtividades para a cultura, e os resultados por si encontrados mostraram que a região central de Angola, que compreende a totalidade da província do Huambo, e partes do Bié, Huíla, Moxico e Kuando Kubango, revelaram-se como as regiões mais aptas para a cultura deste cereal, com as melhores épocas de sementeira ocorrendo nos meses de Novembro, Dezembro, Janeiro e Fevereiro. O modelo mostrou-se adequado, porque comparativamente ao Brasil, que foi tido como a região de referência para esse estudo, pela semelhança climática e pelo posicionamento geográfico, as regiões determinadas como as

O milho ocupa uma posição cimeira na lista de bens da cesta básica dos angolanos. As suas produções internas actuais não satisfazem as necessidades, sendo o défice coberto pelas importações como se pode constatar no Balanço Alimentar, **Erro! A origem da referência não foi encontrada.**a 3.2.

Tabela 3.2 - Balanço alimentar do milho em Angola.

DESCRIÇÃO		Milho (Ton)
A. DISPONIBILIDADE TOTAL		3 099 111
A.1 Estoque Inicial		92 000
	Sector comercial	54 000
	Posse do produtor	38 000
A.2 Produção Total (2017/18)		3 007 111
B. NECESSIDADE		3 405 699
B.1 Consumo Humano		2 051 912
B.2 Outros usos		1 261 787
	Sementes	118 975
	Rações	1 063 081
	Perdas	79 731
B.3 Estoque Final		92 000
C. Necessidades de Importação		306 588
Excedentes		0
D. Exportações		0

Fonte: Adaptado da Projecção da Folha de Balanço Alimentar do Ano Agrícola 2017/2018 (GSA/MINAGRIF, 2017)

As projecções até 2022, preconizam uma subida gradual de disponibilidade a partir da produção nacional, o que permitirá inverter a situação actual, na qual a produção deverá suplantar as necessidades com excedentes da ordem de 1 350 000 t.

3.4 O processo de produção e conversão da biomassa do milho em energia eléctrica

Um sistema sustentável de exploração de biomassa para fins energéticos envolve três componentes principais: a componente de produção da cultura da qual se obtém a biomassa; a logística de concentração da biomassa; o processo de conversão da biomassa em energia.

3.4.1 Produção do milho

A condução da cultura do milho tem grande preponderância na quantidade e qualidade do grão e no volume de biomassa produzida. O modo de produção varia, não só com as exigências da cultivar utilizada, mas também com as práticas seguidas em cada região.

O potencial produtivo da cultura e os factores que o afectam estão sintetizados na Figura 3.8, segundo Andrade et al (2009), citados por Pereira Filho et al. (2013).

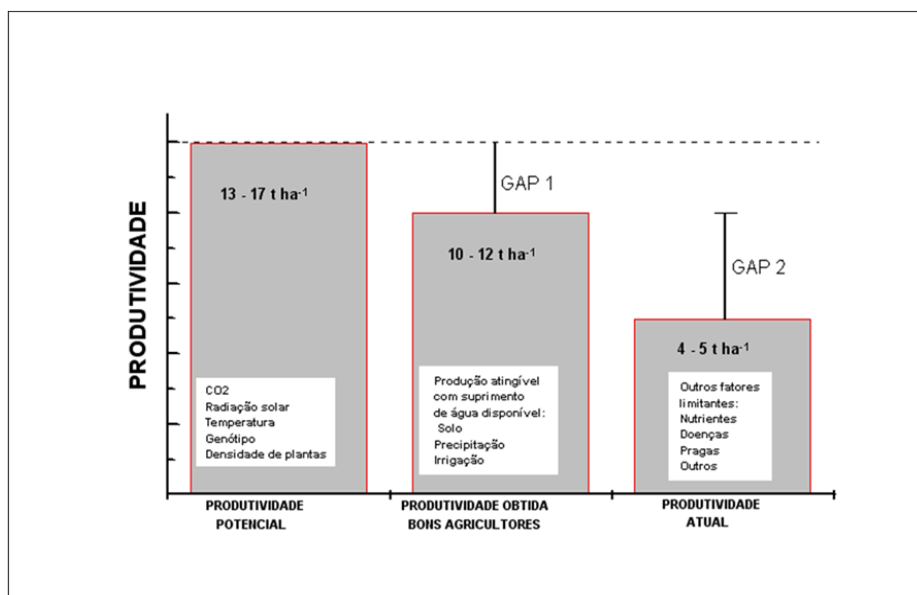


Figura 3.8 - Representação esquemática do potencial de produtividade e seus factores limitantes.
Fonte: Adaptado de Andrade et al. (2009), citado por Pereira Filho et al. (2013).

De forma geral, as boas produções são obtidas pressupondo a observância das seguintes práticas:

3.4.1.1 Preparação da terra

Esta operação pode ser realizada com recurso a meios mecanizados, à tracção animal ou a mão. Cruz et al. (2011), afirma ser importante usar corretamente as técnicas de preparação

do terreno para evitar a sua progressiva degradação física, química e biológica. Em condições ideais consiste na realização de uma lavoura e duas gradagens cruzadas por formas a criar condições apropriadas para a penetração e circulação da água e do ar, espezitar a actividade dos microrganismos e eliminar a vegetação infestante. A utilização constante do mesmo equipamento, como a grade aradora ou o arado de discos, trabalhando sempre numa mesma profundidade, provoca compactação logo abaixo da camada preparada, criando o chamado pé-de-grade, pé-de-arado ou calo-de-lavoura. Essa camada compactada diminui a infiltração da água no solo, com o conseqüente aumento do escoamento superficial, resultando em erosão hídrica. Os sistemas radiculares das culturas ficam mais superficiais, explorando menor volume de solo e tornando as plantas mais suscetíveis aos efeitos da estiagem, comum em várias regiões. Os inconvenientes resultantes da mobilização do solo podem ser atenuados com a prática de sementeira directa.

De acordo com a Agricultura de Conservação e Sementeira Directa (2008), as outras vantagens, comparativamente a cultura convencional, resultantes da prática de sementeira directa, são nomeadamente:

- Redução da erosão do solo;
- Estabilização da estrutura e drenagem interna do solo;
- Aumento da retenção de humidade no solo;
- Aumento da diversidade de seres vivos no solo (insectos, minhocas) e no ambiente;
- Redução de custos de produção;
- Redução de tempo para realizar o plantio;
- Redução de mão de obra;
- Redução da compactação do solo;
- Redução da necessidade de uso de adubo e calcário;
- Melhoria na qualidade de água;
- Criação de habitat para animais silvestres;

- Sequestro de carbono do solo;
- Aumento da infiltração de água;
- Melhoria na qualidade do solo;
- Aumento na substância húmica do solo;
- Aumento da fertilidade do solo;
- Maior diversificação de matéria orgânica no solo;
- Agricultura sustentável garantida: segundo a Agricultura de Conservação e Sementeira Directa (2008), a sementeira directa sob resíduos vegetais, leva a que solos sujeitos a este tipo de manejo se aproximem do nível de infiltração da mata natural, o que é muito importante para a manutenção da sua qualidade e contribui para a acumulação de água nos aquíferos subterrâneos para o regadio das culturas, como demonstrado na Figura 3.9, tendo por condição determinante a presença de resíduos vegetais sobre o solo.

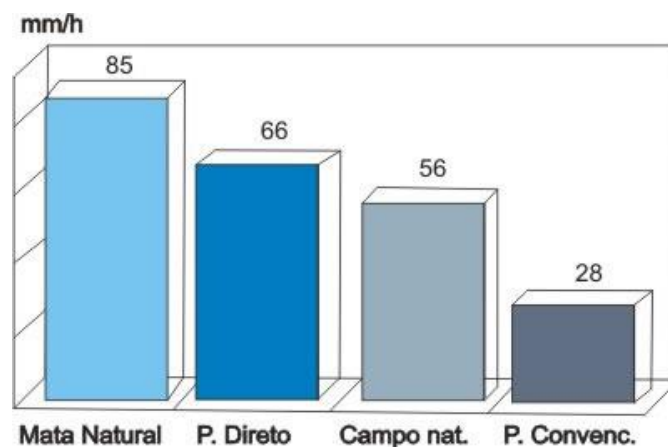


Figura 3.9 - Infiltração de água durante 9 horas em solo argiloso de mata ou campo nativo e de lavoura sob sementeira directa e sob mobilização convencional
Fonte: Agricultura de Conservação e Sementeira Directa (2008).

3.4.1.2 Época de sementeira

A escolha da época correcta, seguramente afecta o rendimento e, conseqüentemente, o lucro do agricultor. O milho, por razões principalmente económicas, é semeado na maioria das regiões no período chuvoso, ou seja, é uma cultura típica de sequeiro (Cruz et al., 2011).

Portanto, conhecer o número médio de dias secos consecutivos ou os períodos de estiagem é de muita importância na determinação da época de sementeira. A experiência tem mostrado que as máximas produtividades ocorrem quando o consumo de água durante todo o ciclo está entre 500 e 800 mm sendo que a cultura exige um mínimo de 350-500 mm para que produza sem necessidade de irrigação. É por isso importante conhecer a duração do ciclo da cultura para o fazer coincidir com a disponibilidade de água e o fotoperíodo mais adequados (o milho é uma cultura essencialmente de dias longos), evitando-se aqueles períodos de maior susceptibilidade a ocorrência de pragas e doenças. Cruz et al. (2011) afirma que embora o milho responda à interação de todos os fatores climáticos, pode-se considerar que a radiação solar, a precipitação e a temperatura são os de maior influência, pois actuam eficientemente nas actividades fisiológicas interferindo directamente no crescimento e na produtividade.

3.4.1.3 Escolha da semente e sementeira

A precocidade é uma característica fundamental para a cultura do milho em regime de sequeiro por causa da necessidade de enquadramento mais vantajoso no intervalo de sementeira. Segundo Zucareli et al. (2010) citado por Borghi et al. (2017), a classificação do ciclo cultural é feita em função do número de horas de calor necessárias durante o ciclo da cultura, expresso em graus-dias. Assim as cultivares comerciais são classificadas em super-precoces (quando a soma térmica necessária for menor que 825 graus-dias), precoces (soma térmica entre 830 a 900 graus-dias) e normal (soma térmica acima de 900 graus-dias) (Zucareli et al., 2010, citado por Borghi et al., 2017). Embora as sementes sejam classificadas pelo tamanho, não há diferença genética entre sementes pequenas e grandes de uma mesma cultivar. Além deste aspecto, uma boa semente deve apresentar pureza, altos índices de germinação, vigor e boa classificação. Muitos agricultores não usam sementes melhoradas e isso pode ser considerado como uma das causas da baixa produtividade. Na escolha da semente deverá ser levado em conta o objetivo da exploração, isto é, se o milho será para consumo in natura (milho verde) para a produção de forragem ou para a produção de grãos. Para cada uma destas finalidades, o milho deverá apresentar características peculiares. A semente de milho poderá ser híbrida ou de uma variedade melhorada de polinização aberta (uma opção importante para pequenos e médios produtores). Os híbridos apresentam maior potencial de produção, mas o preço da semente é maior. Observações de híbridos e outras variedades de milho, em dois níveis de adubação, mostraram que, embora

os híbridos fossem mais produtivos que as variedades de polinização aberta em todas as situações, na ausência de fertilizantes na sementeira e em cobertura, as maiores receitas líquidas foram proporcionadas pelas variedades de polinização aberta (Acosta et al., 2001, citado por Cruz et al., 2011). As variedades de polinização aberta poderão ser reutilizadas em sementeiras subsequentes sem perderem seu potencial produtivo, se alguns cuidados forem tomados para preservar as suas características intrínsecas, nomeadamente: não conter misturas com sementes de outras variedades, estarem isentas de sementes de infestantes, não serem portadoras de pragas e doenças, serem conservadas à temperatura requerida, ter sido colhida no momento certo (o mais próximo possível do ponto de maturação fisiológica) e estar isenta de danos físicos.

3.4.1.4 O compasso e a densidade de sementeira

Segundo Pereira Filho et al, (2013) e Fancelli, 2015 as maiores produtividades de grãos são obtidas com populações que podem variar entre 60 000 e 90 000 plantas por hectare, este último mais utilizado em cultivos irrigados, em espaçamentos que variam entre 50 e 90 cm entre linhas e 20 cm entre plantas na linha. Para cultivares de menor porte, o espaçamento pode ser de 80 cm entre as linhas e 20 cm entre as plantas. Para cultivo em pequena escala, é possível usar um espaçamento simples entre as plantas, podendo ser de 30 cm entre as plantas de cultivares de maior porte e 20 cm entre plantas de cultivares de menor porte. Na cultura em sequeiro, em função do rendimento operacional, o espaçamento comumente encontrado é de 45 a 50 cm na entrelinha e uma diminuição na população, que pode variar entre 55 000 e 65 000 plantas por hectare, a depender da época de realização da sementeira e da região. Densidades superiores a 4 plantas por metro quadrado devem ser utilizadas quando a época de plantio estiver no início do período chuvoso ou quando a chance de maiores precipitações ainda for iminente (Pereira Filho et al, 2013; Fancelli, 2015).

As principais incidências, resultantes dos diferentes espaçamentos utilizados nas entrelinhas, segundo Pereira Filho et al. (2013) e Fancelli (2015), são:

> 90 cm - Grande possibilidade de competição com plantas daninhas e menor aproveitamento dos recursos naturais;

80-90 cm - Menor eficiência do uso dos recursos naturais (água, luz e nutrientes) em populações reduzidas (55 000 a 60 000 plantas por hectare);

70-80 cm - Melhor aproveitamento dos recursos naturais e melhor arranjo de plantas na linha de sementeira, principalmente em cultivos sem irrigação;

50-70 cm - Melhor aproveitamento dos recursos naturais e melhor arranjo de plantas na linha de sementeira;

45-50 cm - Proporciona melhor distribuição das plântulas no sulco de plantio, distribuição uniforme e em maior quantidade do fertilizante por metro linear, melhorando assim o seu aproveitamento.

3.4.1.5 Fertilização

A adubação do milho deve ser baseada na expectativa de produtividade e na fertilidade do solo, pelo que, em regime de sequeiro, geralmente o investimento é menor. De acordo com Pereira Filho et al. (2013) e Fancelli (2015), a melhor estratégia consiste em realizar a adubação seguindo a análise de solo, a produtividade esperada e adotar rigorosamente o critério de utilizar a dose recomendada, na época de maior exigência da planta e no local adequado (solo ou foliar, a lanço ou no sulco, a depender do nutriente e da dose). A dosagem deverá ser definida de acordo com a Figura 3.10, que evidencia quão imprescindível é a realização de análises antes da adubação.

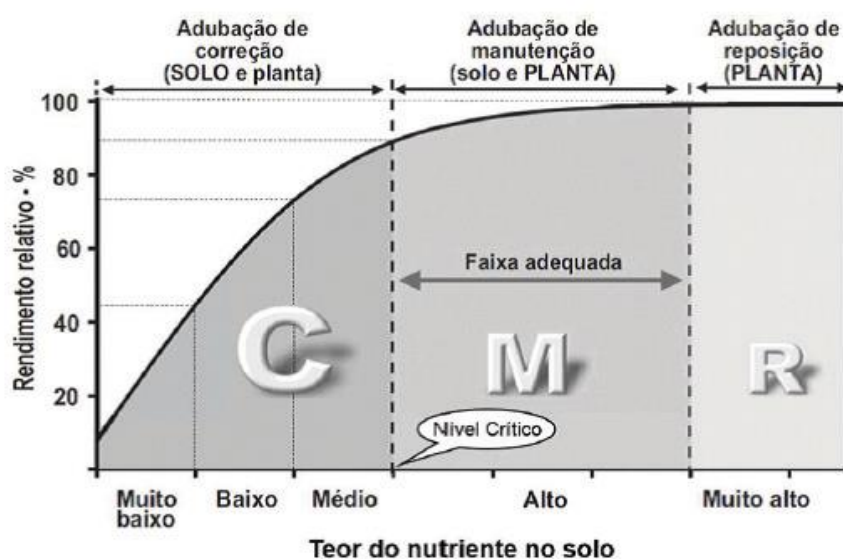


Figura 3.10 - Disponibilidade de nutrientes no solo como critério definidor de estratégias de adubação.
Fonte: Resende et al. (2016).

Esta, quando realizada a lanço, pode não ser a melhor estratégia para otimizar o rendimento da cultura em algumas situações, principalmente quando se refere à adubação fosfatada e em anos onde a chance de restrição hídrica tende a ser mais severa. A adubação a lanço normalmente resulta em crescimento radicular mais superficial, predispondo as culturas a

sofrerem antecipadamente o stresse durante as estiagens e/ou a acama pela raiz quando há ocorrência de ventos fortes. Em condições ideais e quando o milho entra num esquema de rotação de culturas, o fornecimento de nutrientes deve ser dimensionado a partir dos requerimentos de todas as culturas que compõem o sistema em rotação ou sucessão. Assim, toda vez que o agricultor aduba o milho com quantidades abaixo das necessárias para repor o que é exportado na colheita, há um empobrecimento das reservas de nutrientes disponíveis no ambiente solo + palhada, implicando a sua reposição.

Ainda segundo Pereira Filho et al. (2013) e Fancelli (2015), áreas com solos de fertilidade construída distinguem-se das demais pelo seu histórico de manejo, em que aplicações sucessivas de correctivos e fertilizantes possibilitaram efeitos residuais cumulativos que acabaram por elevar certos atributos químicos da fertilidade (por exemplo, teores de fósforo (P), potássio (K), zinco (Zn) e bases de troca) para níveis interpretados como altos ou mesmo muito altos. Todavia, os casos mais emblemáticos de solos de fertilidade construída geralmente estão associados também ao manejo mais elaborado do sistema de produção, envolvendo sementeira directa e uso de plantas de cobertura, o que confere benefícios adicionais. O manejo eficiente da fertilidade do solo começa com o estabelecimento de um bom sistema de sementeira directa, que possibilite maior acúmulo de palhada e crescimento radicular mais profundo, fatores-chave para o melhor desempenho das culturas em condições sujeitas ao déficit hídrico.

3.4.1.6 Controlo de Infestantes

Para a cultura do milho, o período crítico de prevenção vai entre os 15 e 45 dias após a emergência das plantas. É necessário controlar a competição entre a cultura e as plantas invasoras até a emissão da oitava folha, pois antes deste estágio de desenvolvimento, o milho define o seu potencial de produtividade e qualquer competição pode comprometer o rendimento (Cruz et al., 2011, citado por Pereira Filho et al., 2013; Fancelli, 2015). O manejo correcto, quando se opta pelo controlo químico, consiste na identificação das espécies de infestantes para proceder à correcta aplicação dos herbicidas com o produto adequado e na dose indicada para a aplicação. Além disso, é importante verificar a impossibilidade de misturas de herbicidas com outros produtos, por exemplo, fungicidas e/ou inseticidas (Cruz et al., 2011, citado por Pereira Filho et al., 2013; Fancelli, 2015). O controlo de infestantes

também pode ser realizado por meios mecânicos ou à mão, apresentando como inconveniente o ser mais moroso e oneroso.

3.4.1.7 Controlo de pragas e doenças

À semelhança de outras gramíneas, a cultura do milho está sujeita ao ataque de inúmeras pragas e doenças.

Em Angola, segundo Dissoluquele et al. (2018), as pragas mais vulgares na cultura do milho são:

- Broca do colmo (*Busseola Fusca*, *Sesamia calamistis*);
- Broca da espiga (*Mussidia Nigrivenella*);
- Lagarta invasora (*Spodoptera exempta* = *Laphygna exempta*);
- pragas de armazenamento (*Sitotroga cerealella*; *Sitophilus Orizea*);
- Roscas (*Agrotis Segetum*; *Agrotis ypsilon*).

Segundo o mesmo autor, para a cultura do milho, as doenças que ocorrem com maior frequência no território são as seguintes:

- Ferrugens (*Puccinia polysora*; *Puccinia sorghi*);
- Mancha foliar clara (*Helminthosporium turcicum*);
- Mancha foliar por phaeosphaeria (*Phyllosticta maydis*);
- Anthracnose (*Colletotrichum graminicola*);
- Podidrao negra (*Bipolaris zeicola* = *Helminthosporium Carbonum*);
- Podidrao seca (*Stenocarpella Macrospora* = *Diplodia Macrospora*);
- Queda do colmo (*Stenocarpella Maydis* = *Diplodia Zeae*);
- Virus das estrias do milho (*Milho streak gemini vírus*).

O controlo das pragas e das doenças, ao nível do sector agrícola comercial angolano, consiste na utilização de sementes certificadas, resistentes às mesmas, no emprego de esquemas de rotação de culturas e, em situações de ataques mais severos, no uso de pesticidas. Ao nível do sector agrícola familiar as pragas de armazém, principalmente para as sementes, são prevenidas ou tratadas de acordo com práticas costumeiras de cada região (fumigação, uso de cinza ou de macerados de plantas silvestres), não sendo vulgar o emprego de pesticidas de síntese.

3.4.2 A Logística

Num processo de conversão bioenergética a logística deve ser entendida como o conjunto de operações que vão desde a recolha da biomassa no campo até a sua utilização na plataforma de conversão de energia eléctrica.

Segundo Eilert (2010), pelo facto de serem compostos fundamentalmente de celulose, os resíduos vegetais agrícolas podem ser preparados de forma relativamente fácil para a obtenção de energia devido a facilidade de serem pré-processados. Segundo o mesmo autor, para aplicações energéticas, onde se requer a disponibilidade contínua da biomassa, deve-se ter presente que os resíduos vegetais se caracterizam pela sua disponibilidade sazonal e precisam de armazenamento por longos períodos durante os quais podem ocorrer deteriorações do material devido às fermentações. Para além disto, os resíduos vegetais prestam-se a outros usos, os quais competem com o uso energético, nomeadamente: matéria-prima para obtenção de papel; fertilizante; aglomerados para compensados; complemento para a ração de animais.

O aproveitamento dos resíduos vegetais em larga escala é dificultado pelos altos custos da sua recolha, transporte, redução de tamanho, quando se impõe, e pela tecnologia para geração de energia. Um dos grandes desafios para a utilização da biomassa residual de culturas agrícolas na geração de energia eléctrica tem que ver com a definição da forma mais expedita de fazer o seu aprovisionamento com os menores custos possíveis. As opções tecnológicas a serem utilizadas na estrutura da cadeia logística têm que se adequar ao tipo de biomassa. Relativamente aos resíduos da cultura do milho, para o seu recolhimento e adensamento, as dificuldades resultam da heterogeneidade dos colmos e baixa massa específica, na falta de máquinas de alta capacidade operacional e custos elevados, pois a maioria dos equipamentos actuais existentes está adaptado para a colheita de forragem ou cana sacarina. Segundo Freitas (2016), após o processo de colheita do grão, as folhas, os caules, o carolo e as cascas são retirados e descartados na lavoura ficando dispersos por toda a área de plantio. Freitas (2016), afirma que este é, na actualidade, o maior empecilho para o aproveitamento energético destes resíduos, pois o seu recolhimento após a colheita do grão pode inviabilizar economicamente a sua utilização como fonte energética. Deste facto resulta a necessidade de uma definição criteriosa do esquema de logística a aplicar no processo da sua recolha.

As opções tecnológicas devem ser precedidas pela análise e ponderação dos seguintes aspectos:

- Dispersão da biomassa na área de cultivo;
- Quantidade de terra e outras impurezas misturadas na biomassa;
- Baixa densidade específica do material;
- Falta de alinhamento das culturas;
- Variabilidade do tamanho e humidade dos constituintes do material;
- Riscos no armazenamento (deterioração, incêndio);
- Preparação, alimentação e combustão nas caldeiras;

Por estes factos a logística, para fins bioenergéticos, compreende essencialmente as seguintes etapas:

3.4.2.1 Colecta e Transporte da Biomassa

Quando da colheita dos produtos agrícolas, geralmente a biomassa resultante fica espalhada pelo campo. Para os fins energéticos recomenda-se que a palhada permaneça no campo por cerca de 20 dias, Ripoli (2002), para que se obtenha a redução do teor de humidade para valores próximos de 20%. Kerdsuwana e Laohalidanonda (2015), referindo-se a sua experiência nos trabalhos realizados na Tailândia em relação a cultura de milho, afirmam que o teor de humidade da biomassa, ideal para produção de energia, deve cifrar-se abaixo de 15%.

Terminado o tempo necessário para a secagem, o material deve ser enleirado, para possibilitar sua recolha, utilizando-se um equipamento específico, Figura 3.11.



Figura 3.11 - Ilustração da operação de enleiramento. Fonte: Stabra (2005)

Segundo Pinto (2008), o enleiramento melhora a capacidade de enfardamento, reduz os danos ao mecanismo recolhedor (que pode trabalhar afastado do solo) e evita a propagação do fogo accidental.

Após o enleiramento, a biomassa pode ser colectada de diversas maneiras, sendo a mais atractiva, do ponto de vista económico, a colecta a granel, na qual o material não passa por nenhum processo de prensagem. No entanto, os custos de transporte são mais elevados devido ao maior tamanho do material, o que exige maior número de viagens para transportar o mesmo até aos locais de armazenamento e/ou utilização. Esta forma de recolha do material exige também a disponibilização de um espaço maior para o seu armazenamento. Pelas razões evocadas e tendo em consideração as características dos equipamentos é recomendável um pré-processamento da biomassa colectada.

Uma unidade de pré-processamento pode ser instalada no campo, de forma descentralizada, ou num ponto de convergência, centralizado, para facilitar o transporte e armazenamento da biomassa. A primeira opção apresenta a vantagem de prescindir do transporte da matéria prima para fora do campo. A grande questão reside no fornecimento de energia necessária para fazer funcionar esta unidade. Este inconveniente é contornado quando o processamento é realizado junto a plataforma de conversão da biomassa em energia eléctrica. Para uma unidade de processamento centralizada, os resíduos da cultura devem ser levados até à plataforma de processamento, sendo para tal fundamental que a distância de transporte não seja superior a 20 km, (Kerdsuwana e Laohalidanonda, 2015).

Em função da opção, a biomassa recolhida do campo pode apresentar-se sob a forma de:

3.4.2.1.1 Fardos

Uma forma de recolha que a priori pode ser generalizada para todos os tipos de biomassa agrícola, é o enfardamento, devido à facilidade de execução e eficiência de armazenamento do material. Para tal utiliza-se um equipamento designado por enfardadeira, podendo o produto ter a forma de cilindros, cubos ou paralelepípedos. As enfardadeiras de fardos paralelepipedicos podem ser de baixa, média e alta pressão em função da massa específica dos fardos que se pretende obter (Barros et al., 2012). Após o enleiramento, o material é colectado por uma enfardadeira, que o comprime de modo a aumentar a sua densidade, formando-se, como atrás referido, fardos com a forma e secção pretendidas. Com respeito ao tipo de fardos, o sistema de enfardadeiras de fardos de secção quadrada ou rectangular é o mais indicado porque apresentam maior capacidade operacional, maior facilidade de

operação da biomassa, melhor ocupação do espaço da carroceria do camião de transporte e do local de armazenamento quando empilhados, compensa-se, de certa forma, o seu maior custo de aquisição. A Figura 3.12 ilustra um modelo de enfardadeira de secção quadrada.



Figura 3.12 - Enfardadeira de fardos quadrados.
Fonte: MASCUS.CLAAS QUADRANT 3200.

Os fardos são recolhidos no campo por tractores ou carregados directamente em camiões que os transportam até os locais de armazenamento e/ou utilização final. Têm um comprimento entre 120 cm e 150 cm e atingem densidades até 120 kg/m³. Com a biomassa na forma de fardo podem-se alimentar plataformas, eficientemente, em sistemas de combustão de tamanho pequeno (de 3 kW), médio (cerca de 100 kW) e em grandes centrais térmicas (cerca de 10 MW), (Barros et al., 2012).

Alguns equipamentos de conversão energética requerem que a biomassa tenha tamanho e formato apropriado pelo que, no local onde a biomassa enfardada é utilizada, pode ser imprescindível a existência de um outro equipamento que esmiúce o material por formas a adequá-lo ao queimador. Este equipamento é designado por picador. Na Figura 3.13, tem-se uma ilustração de equipamento de picagem, um protótipo desenvolvido pela FEAGRI/UNICAMP em estudos de utilização de palhiço de cana-de açúcar, coletado e armazenado na forma de fardos para geração de energia.



Figura 3.13 - Equipamento para picar material enfardado.
Fonte: FEAGRI/UNICAMP.

3.4.2.1.2 Peletes

A peletização consiste na compactação de resíduos de biomassa a alta pressão com o objetivo de se obter as peletes, ilustradas na Figura 3.14.



Figura 3.14 - Biomassa em forma de peletes.
Fonte: Bing (2021).

Segundo Pinto (2014), o diâmetro das peletes ronda em média 3-8 mm e têm um comprimento de 10-30 mm, o seu teor em humidade é reduzido (7-12%), o teor em cinzas é baixo (0,5%) e têm uma massa volúmica de 650-700 kg/m³. O poder energético das peletes encontra-se entre os 4,7 a 5,0 kWh/kg (16,9 a 18 MJ/kg). Uma tonelada de peletes corresponde sensivelmente a 1,5 m³ de espaço de armazenamento, equivalente a 470-500 litros de óleo leve.

Uma das vantagens da peletização é relativa ao transporte dos resíduos por longas distâncias. Os peletes, além da sua alta densidade e facilidade de transporte, têm uma série de benefícios para a combustão. A densificação em forma de peletes tornou possível o aumento da homogeneidade e transporte da matéria orgânica ao destino, Kanury (1994), permitindo que esta apresente uma elevada massa específica aparente assim como uma taxa de combustão,

competitiva com a do carvão, e uma queima mais eficaz, com uma emissão de partículas reduzida. As peletes têm ainda a vantagem do seu tamanho ser normalizado o que permite o fabrico de caldeiras de biomassa, mesmo para gamas baixas até 50 kW, completamente automáticas (Werther et al., 2000). Este produto pode ser transportado com mecanismos convencionais, como transportadores em “parafuso sem fim” ou equipamento de sucção. O único inconveniente da peletização é a necessidade de empregar energia de fontes fósseis para que a biomassa tome a forma requerida.

3.4.2.1.3 Briquetes

O briquete é um substituto directo da lenha em muitas aplicações, incluindo o uso residencial, em indústrias e estabelecimentos comerciais como olarias, cerâmicas, padarias, pizzarias, lacticínios, fábricas de alimentos, indústrias químicas, têxteis e de cimento dentre outros (Silva, et al., 2014). Os briquetes resultam da compactação de resíduos lignocelulósicos, e são utilizados na geração de energia na forma de calor ou electricidade. Têm densidade de 650-1200 kg/m³, diâmetro de aproximadamente 60 mm e comprimento de 25 a 300 mm. O seu Poder Calorífico Superior (PCS) está na faixa de 16,92 a 17,64 MJ/kg e humidade entre 7 e 12%. A quantidade de cinzas depende da fonte de matéria prima utilizada (Silva, et al., 2014). No seu processo de manufactura, a biomassa tem de secar, até se obter um teor de água inferior a 10%. Uma elevada densidade de energia, boas propriedades de calor do material de madeira compactado e os baixos resíduos, fazem dos briquetes de madeira um combustível ideal para pequenos sistemas de combustão, alimentados manualmente tais como queimadores de madeira e fornos cerâmicos, Figura 3.15.

À semelhança da peletização, o processo de briquetagem tem o inconveniente de exigir a instalação de equipamento específico, o que onera o investimento, além de que a sua exploração requer fonte de energia à base de gasóleo. Comparativamente às peletes, os briquetes apresentam o inconveniente de se adequarem melhor a pequenos sistemas de conversão energética nos quais não é necessária a automatização do sistema de alimentação.



Figura 3.15 - Biomassa em forma de briquetes.
Fonte: Bing (2021)

3.4.2.2 Armazenamento

Os armazéns de biomassa devem ficar próximos das unidades de geração de energia, podendo ser externos ou internos. O seu dimensionamento depende da forma como se apresenta o material. Assim, se o material colectado for reduzido a fardos, peletes ou briquetes, exige-se menos espaço para armazenamento quando comparado com o armazenado a granel. De acordo com o Portal de Energias Renováveis (2019), o armazenamento do material na forma de fardos, também fica facilitado, pois pode ser feito em pátios, a céu aberto, cobrindo-se o material com lonas plásticas, o que, em última instância, contribui para a diminuição dos custos de instalação e obtenção de economia de espaço.

O armazenamento da biomassa deve ser realizado somente após a secagem. Para o caso dos resíduos do milho, durante o período de recolha, o teor médio de humidade da biomassa varia entre 20 e 40%, necessitando, portanto, passar por algum processo de secagem no campo antes de ser armazenado (Bassan, 1998, citado por Pinto, 2008). A diminuição do teor de humidade tem por objetivo evitar a deterioração por microrganismos e perda de propriedades. Quando as condições de colheita são rudimentares e o material contenha mais de 25% de humidade, o local de armazenamento deverá ser bem ventilado. Recomenda-se que este percentual seja inferior a 18% se o armazenamento for por longo período de tempo. Se o destino do material for a produção de energia através do processo de gaseificação, a exigência do teor de humidade no material situa-se de 15% a 20%. Por outro lado, uma alta densidade de compactação torna viável um armazenamento externo sem grandes perdas. A taxa de compactação e a densidade produzida no processamento são parâmetros importantes no armazenamento do material.

3.4.2.3 Quantificação dos resíduos da cultura

Nos processos agrícolas e florestais, os resíduos podem-se tornar um desperdício de produção, visto que estes nem sempre são convertidos em uma nova fonte de renda para as empresas produtoras, (Nones et al., 2017). Estes resíduos, em muitos casos, são mal manejados, sendo depositados em locais impróprios, como margens de rios, gerando problemas ambientais (Nones et al., 2017). Quando devidamente aproveitados para os fins energéticos, os resíduos agrícolas podem constituir uma segunda fonte de interesse agrícola de uma determinada cultura.

O emprego de resíduos agrícolas como matéria-prima para a indústria energética pressupõe a análise e conhecimento dos seguintes elementos:

3.4.2.3.1 Quantidade

As culturas de milho, arroz e soja são, entre as demais culturas temporárias, as que possuem maior potencial em termos de quantidade de resíduos para a geração de energia (Nones et al., 2017). O seu mercado pode ser uma actividade economicamente atraente, pois é um complemento da renda tanto para quem vende quanto para quem compra e beneficia o resíduo (Nones et al., 2017).

Os resíduos podem ser resultantes da colheita e do processamento de cultivos. A energia armazenada pode ser considerável, representando em geral mais que o dobro da energia contida no produto colhido, (Nogueira et al., 2003, citado por Pinto, 2016). A determinação do potencial de produção de resíduos de uma cultura ou a quantificação dos existentes em uma determinada região é uma tarefa imprescindível para se aferir a viabilidade do seu emprego no processo de conversão energética. Segundo Pinto (2016), uma maneira habitualmente empregue para determinar a disponibilidade de um resíduo agrícola é o denominado Coeficiente de Produção de Resíduos (CR), que relaciona a quantidade de resíduos, em base seca, e a massa total colhida do produto. Portanto, o coeficiente de produção de resíduos exprime a quantidade de unidades de medida de resíduos por cada unidade de medida do produto produzida, afirmação que corrobora com o postulado de Koopmans e Koppejan (1997), citados por Vale et al. (2013), ao enunciarem que, para o milho, a relação grão/resíduo é 1/2,3. Esta relação pode variar com a cultivar e as condições ambientais durante a cultura.

Os resíduos do milho subdividem-se em quatro fracções, diferentes em termos de contribuição para o peso total. Referindo-se ao coeficiente de produção de resíduos desta cultura, Dias et al. (2012), citado por Nones (2016), afirma que o coeficiente se situa entre 0,3 a 0,9 para o sabugo e 2,2 a 2,7 para a palhada.

Para Pinto (2006), apesar dos coeficientes de produção de resíduos (CR) encontrados na literatura referente ao assunto, e que auxiliam na determinação da quantidade de resíduos realmente produzida por determinada cultura, quantificar o volume de resíduos agrícolas resultantes da colheita e que estarão disponíveis para o aproveitamento energético não é tarefa fácil visto que existem variações na taxa de produtividade de um ano para outro e de região para região, que podem ser influenciados pelos seguintes factores:

- Variações climáticas;
- Área cultivada;
- Rendimento anual da produção de resíduos;
- Fracção recuperável;
- Usos competitivos;
- Perdas.

Pelas razões evocadas, para a obtenção de indicadores de maior fiabilidade, faz-se recurso a outros métodos de determinação de resíduos das culturas agrícolas.

3.4.2.3.2 Disponibilidade

Pressupõe a garantia de existência de matéria-prima suficiente ao longo do ano ou do período considerado, por forma a assegurar que, não obstante a sazonalidade da produção dos resíduos, o funcionamento da plataforma de conversão de energia seja ininterrupto.

3.4.2.3.3 Qualidade energética dos resíduos

A quantidade de energia produzida pelos resíduos varia de acordo com as suas qualidades e essas são dependentes de outros factores como a cultivar utilizada, a fertilidade do solo e o modo de condução da cultura. Segundo Dantas (2013), as características mais importantes da biomassa, que importa referir ao abordar a qualidade energética, são as seguintes:

- i. A densidade básica - É um importante factor na determinação das propriedades físicas e mecânicas que caracterizam diferentes espécies de vegetais, diferentes cultivares de uma dada espécie e diferentes regiões de uma mesma cultivar. Define-se “densidade

básica da biomassa” como sendo a relação entre o peso seco da biomassa e o volume da amostra saturada em água. As unidades mais comumente utilizadas para expressar a densidade básica são: g/cm³; t/m³ e kg/m³, (Foelkel, 2015).

Para os cálculos, segundo Dantas (2013), utiliza-se a expressão:

$$Db = 1 / \{[(Msat - M0\%) / M0\%] - 0,346\} \quad (1)$$

Onde:

Db - densidade básica (g/cm³)

Msat - massa saturada (g)

M0% - massa seca a 0% de humidade (g)

- ii. Teor de Humidade - Exprime a relação entre a massa da água contida no material e a massa do mesmo material seco. Segundo Earl (1975) e Cunha et al. (1989), citados por Vale et al. (2013), é importante que o teor de humidade da biomassa a ser usada como combustível seja o mais reduzido possível, diminuindo assim o custo de transporte e agregando valor ao combustível. Cunha et al., (1989), afirma que quanto maior o conteúdo de humidade da biomassa, menor é o seu poder de combustão, em razão do processo de evaporação da humidade, o qual absorve energia durante a combustão. Para o seu cálculo utiliza-se a expressão:

$$TU = \left[\frac{M1 - M0}{M0} \right] \times 100 \quad (2)$$

onde

TU - teor de humidade (%)

M1- massa da madeira húmida (kg).

MO – massa seca (kg).

- iii. Poder calorífico superior (PCS) - Representa a soma da energia libertada por um material combustível na forma de calor e a energia gasta na vaporização da água que se forma numa reacção de oxidação. Por outras palavras, é a soma do calor sensível e o calor latente. É expresso em unidades de energia por unidades de massa ou volume (kcal/kg; kJ/kg; J/mol). Segundo Zambrzycki (2018), é dado pela expressão:

$$PCS = K + \Delta T - (Qa + Qf) / ms \quad (3)$$

Onde:

PCS = poder calorífico superior (J/g);

K = é a constante do calorímetro (J °C);

ms = é a massa seca da amostra (g);

ΔT = a diferença entre a temperatura inicial e final da água (°C);

Qa = quantidade de calor gerado pela formação de ácido nítrico (J);

Qf = quantidade de calor gerado pela queima do fio de ignição (J).

- iv. Poder Calorífico Inferior (PCI) - correspondente a quantidade de calor libertado na combustão, quando não se considera o calor latente de condensação da humidade presente e da água formada pela oxidação do hidrogénio presente no combustível. Nos motores endotérmicos, como a temperatura dos gases de combustão é muito elevada, a água contida neles encontra-se sempre no estado de vapor, pelo que, o que deve ser considerado como elemento de referência de um combustível é o poder calorífico inferior e não o superior.

De acordo com Souza (2010), o PCI pode ser obtido indirectamente a partir da equação:

$$PCI = PCS - \left[\frac{600 * 9 * H}{100} \right] \quad (4)$$

onde:

PCI – Poder calorífico inferior (kJ/kg);

PCS – Poder calorífico superior (kJ/kg);

H – Teor de hidrogénio (%);

600 – Calor de condensação da água a 0° C;

9 – Quantidade de água (kg) que se forma ao oxidar 1 kg de hidrogénio

- v. Sólidos voláteis (matéria orgânica + materiais estranhos) - É o material que é destruído pela combustão, pode corresponder apenas à matéria orgânica da biomassa ou incluir outros materiais destruídos na combustão, por exemplo plásticos;
- vi. Teor de cinzas - Cinzas de uma substância é o resíduo inorgânico que permanece após a combustão da matéria orgânica;

- i. Carbono fixo - Carbono fixo é aquele que não é eliminado no aquecimento na ausência de ar. Calcula-se por diferença, subtraindo da massa inicial a humidade, os voláteis e a cinza.

A determinação do carbono fixo, da matéria volátil, das cinzas e da humidade constituem a designada análise imediata.

- ii. Densidade Energética - A densidade energética, é definida como a quantidade de energia por unidade de massa. Dantas (2013), refere que para o seu cálculo tem sido utilizado o produto entre o valor do poder calorífico superior (kcal/kg) e a densidade básica (kg/m³), conforme a equação:

$$De = PCS \cdot Db \quad (5)$$

Onde:

De - densidade energética (kcal/m³)

PCS - poder calorífico superior (kcal/kg)

Db - densidade básica (kg/m³).

3.4.3 Conversão de energia a partir da biomassa

A conversão da biomassa em energia eléctrica pode obter-se por métodos físicos, químicos e biológicos, a partir de vegetais ou de resíduos orgânicos, através de múltiplas rotas possíveis como ilustrado na Figura 3.16.

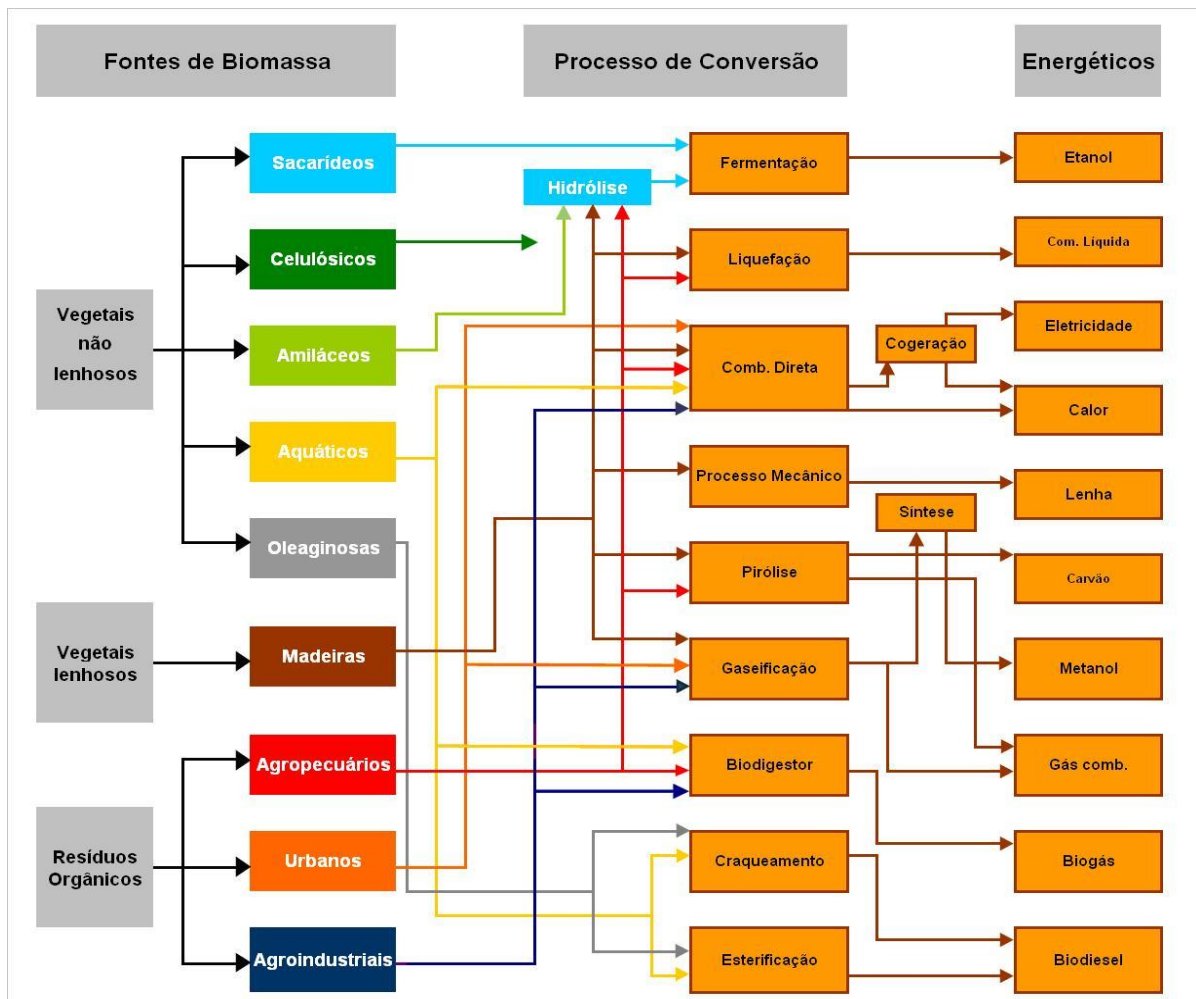


Figura 3.16 - Fluxograma das fontes de biomassa, processos de conversão e energéticos produzidos3-16
 Fonte: Ministério das Minas e Energia (MME, 1982). Balanço Energético Nacional (BEN). Brasília.

A opção pelos processos físicos, segundo a LIPPEL (2019), pode implicar a necessidade de se transformar a biomassa num produto intermédio, através de:

- Redução de tamanho, o que permite a utilização directa do combustível sólido em forma de estilhas de madeira, cavacos ou lenha ou de produtos como a serradura ou as cascas que podem ser utilizados directamente na produção de vapor que acciona os conversores;
- A densificação ou compactação, o que requer a produção de produtos intermédios como as peletes, os briquetes e os fardos que posteriormente são empregues como combustível nos conversores;
- A extrusão, através da qual se obtêm óleos que posteriormente podem ser utilizados como combustível para a produção de vapor que acciona os geradores.

A mais tradicional e usual via de conversão energética da biomassa é a combustão. A conversão também pode ser obtida por via da gaseificação ou da pirólise (Silva et al, 2020), como se resume:

- A gaseificação consiste na conversão, em um aparelho designado por gaseificador, de uma matéria-prima carbonosa derivada organicamente por oxidação parcial em um produto gasoso ou gás de síntese, em que o oxidante pode ser oxigênio puro, ar, vapor ou uma mistura desses, (Ciferno e Marano, 2002, citado por Oliveira et al., 2017). A gaseificação tem como característica a total conversão da biomassa em gases. Os gases produzidos têm muitas aplicações tais como em motores de combustão interna.
- A pirólise, consiste no aquecimento da biomassa em ausência de agente oxidante (oxigênio) obtendo-se um gás combustível, produtos líquidos (alcatrão e ácido pirolenhoso) e uma substância carbonosa que pode ser convertida em carvão activado. É o processo usado na fabricação do carvão vegetal.

As fontes de biomassa utilizadas como combustíveis podem ser classificadas de acordo com o estado de agregação em que se encontram: sólido, líquido ou gasoso (Bioenergia, 2004).

A biomassa sólida tem como fonte os produtos e resíduos da agricultura (incluindo substâncias vegetais e animais), os produtos e resíduos florestais e das indústrias conexas e a fracção biodegradável dos resíduos industriais e urbanos, (Martins, 2004). As vantagens do uso da biomassa sólida residem no facto de ter um custo comparativo mais baixo e as cinzas resultantes da combustão serem pouco agressivas para o ambiente, (AREA, 2020).

A conversão da biomassa em energia eléctrica realiza-se nas chamadas plataformas de conversão. Tal como referido antes, a principal e mais antiga via de conversão da biomassa em energia é a combustão, que é a transformação da energia química do combustível em calor e dióxido de carbono por meio das reacções dos elementos constituintes dos combustíveis com o oxigênio, (Silva et al., 2020). As plataformas de combustão podem ser de grelha fixa, móvel ou inclinada e de leito fluidizado, podendo funcionar como centrais de cogeração para a produção de energia eléctrica e de água quente. Este processo é vulgarmente designado por ciclo a vapor em alusão ao facto do vapor ser o produto intermédio cujo fluxo acciona o gerador eléctrico através de uma turbina, conforme esquematizado na **Erro! A origem da referência não foi encontrada.**

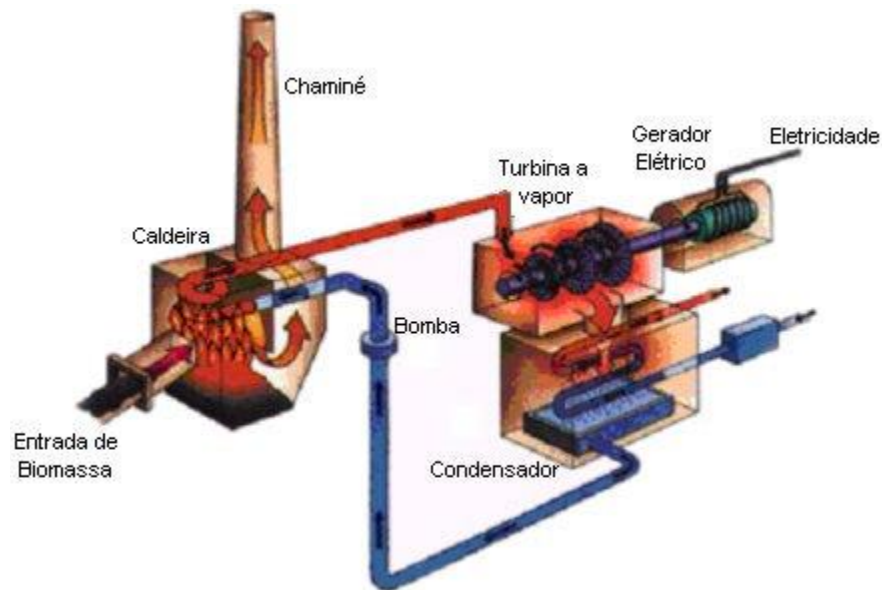


Figura 3.17 - Diagrama esquemático do processo de conversão energética por ciclo a vapor.
Fonte: Martins (2004)

Por seu lado, o ciclo a vapor subdivide-se em dois modelos:

O Motor a Vapor – É um motor alternativo que expande o vapor com o movimento do êmbolo dentro de um cilindro o qual está ligado a um eixo que gira acionando o gerador elétrico, (Rendeiro e Nogueira, 2008). Caracteriza-se por possuir baixa eficiência e potência (na faixa de 40 – 300 kVA). O rendimento normal do motor a vapor é em torno de 20-30%. É ideal para funcionamento intermitente (Rendeiro e Nogueira, 2008).

A Turbina a Vapor – Que é um motor cujas turbinas possuem suas pás móveis fixadas num eixo, que por sua vez se encontra acoplado ao eixo de um gerador (Rendeiro e Nogueira, 2008). O vapor é injectado contra as pás, fazendo-as girar e, por consequência, fazendo o eixo girar. É ideal para potências maiores (de 300 kVA a 150 MVA), em operação contínua. As plataformas a turbina a vapor são eficientes e possuem baixo custo de operação e manutenção.

O consumo específico em biomassa de uma plataforma a vapor aumenta com a redução da potência da central. Além disso, o consumo específico da plataforma diminui (o que é bom) com o aumento da eficiência dos componentes da central e do poder calorífico húmido do combustível. Quanto menor a humidade da biomassa, maior será o PCI e menor será o consumo específico da central. Em termos comparativos, constata-se que o consumo específico de máquinas a vapor, na sua condição nominal (a máquina trabalha na sua

condição de maior eficiência) varia entre 15 a 20 kg/h de vapor por cada kW de eletricidade produzido no gerador enquanto que o consumo específico de turbinas a vapor está na faixa de 8 a 20 kg/h de vapor por cada kW de potência fornecida pelo gerador (Rendeiro e Nogueira, 2008).

Ainda segundo Rendeiro (2011), nos ciclos de cogeração a vapor regista-se um aumento da eficiência global do processo como resultado da utilização do calor rejeitado no condensador ou da extracção, de uma fracção ou da totalidade, do vapor a baixa pressão na saída da turbina para ser utilizado em processos industriais que necessitem do calor. Segundo Baggio (2017), citando Baudoin et al. (2014), e Braun et al. (2013), a geração de calor contribui para a viabilidade económica do processo se houver demanda térmica próxima da unidade de geração. A energia térmica proveniente da cogeração contribuirá para aumentar a eficiência do sistema tornando-o viável com uma quantidade de matéria orgânica relativamente reduzida.

No essencial, as caldeiras de biomassa assemelham-se às caldeiras convencionais de combustíveis fósseis, sendo a diferença mais significativa a sua maior inércia térmica, que faz com que seja necessário instalar acumuladores de inércia com volumes ligeiramente superiores e por outro lado, como o poder calorífico da biomassa é menor, implica a necessidade de se ter maiores volumes de armazenamento de combustível (AREA, 2020).

Os biocombustíveis líquidos (biodiesel, etanol, óleo “in natura”) obtidos a partir de culturas energéticas ou da fermentação alcoólica, podem ser utilizados na substituição total ou parcial de combustíveis para veículos motorizados e grupos geradores, (Martins, 2004).

Os biocombustíveis gasosos podem ser obtidos a partir da degradação biológica anaeróbia da matéria orgânica contida nos resíduos como efluentes agro-pecuários, da agro-indústria e urbanos, obtendo-se uma mistura gasosa, sobretudo de metano e dióxido de carbono (biogás), seguindo-se o aproveitamento do seu potencial energético através de combustão da qual resulta a energia térmica ou eléctrica (Martins, 2004). No caso da fermentação anaeróbia de compostos orgânicos, pela acção de microorganismos (microorganismos acidogénicos e etanogénicos), obtém-se o biogás (metano e gás carbónico). As razões que podem levar a enveredar por esta via são, geralmente, as condições locais. Por exemplo, diante da abundância de excremento de gado, resíduos urbanos (RSU) ou lamas, pode ser instalado um biodigestor e com o metano obtido acciona-se um motor de combustão interna

acoplado a um gerador para produção de energia eléctrica e/ou térmica (Martins, 2004). Outra via de obtenção de biogás é a fermentação alcoólica na qual o substrato orgânico pode ser a sacarose e os produtos resultantes são fundamentalmente o etanol e o gás carbónico (Silva et al., 2020).

Para utilização da biomassa tanto no estado líquido quanto no gasoso, as tecnologias para a conversão em energia final são essencialmente as mesmas: motores de ciclo de Otto e Diesel, turbinas e caldeiras. Todavia, os custos de exploração dos equipamentos à base de biomassa líquida são mais baixos que os do biogás devido às tecnologias que foram desenvolvidas para os combustíveis líquidos e adaptadas para o biogás (Martins, 2004). Segundo Silva et al. (2020), os conversores que usam gás têm uma vida maior do que os que usam combustível líquido.

Os ciclos a vapor, por serem uma tecnologia mais tradicional, possuem preços bem definidos pelos fabricantes, que garantem o desempenho e a assistência técnica dos seus equipamentos. O custo de implantação de uma central a vapor depende de sua potência. Para potências acima de 1 MW, o valor referência em 2007 era de R\$ 2400/kW, cerca de 3 216 €, enquanto que para centrais menores, o custo referência era de R\$ 2800/kW, aproximadamente 3 752 €. O valor referência para manutenção e operação desse tipo de centrais era de R\$ 150/kW, cerca de 201 €/kW (Rendeiro e Nogueira, 2008).

Como referido antes, o uso de gás na conversão energética não se limita ao biogás. Também pode ser obtido pelo emprego de equipamentos designados por gaseificadores, num processo que envolve as seguintes operações e meios tecnológicos (Martins, 2004):

- Armazenamento, transporte da biomassa e redução da mesma ao tratamento necessário;
- Gaseificador, dotado de um alimentador próprio para não haver vazamento de gases;
- Tratamento dos gases: resfriamento e limpeza dos gases;
- Sistema de controle tais como pressão e temperatura;
- Tratamento dos resíduos, considerando o potencial tóxico dos mesmos.

Consoante o seu princípio de funcionamento, um gaseificador pode ser designado por:

- Leito fixo;
- Co-corrente (*downdraft*);

- Contracorrente (*updraft*);
- Gaseificador de leito fluidizado ou leito circulante.

Segundo Maniatis (2001), citado por Martins (2004), 77,5 % dos projetos de gaseificadores são do tipo de leito fixo, 20 % são do tipo fluidizado ou circulante e 2,5 % de outros tipos. Relativamente às vantagens entre os diferentes modelos, Silva et al. (2020), afirma que os gaseificadores de leito fluidizado, reúnem características intermédias dos gaseificadores de fluxo concorrente, contracorrente e fluxo transversal. As características de gaseificador de leito fluidizado podem ser consideradas como combinações das características dos outros tipos, minimizando as desvantagens e aumentando a eficiência.

Maniatis (2001), refere que um novo modelo desenvolvido pelo Instituto de Ciências Indiano, **Erro! A origem da referência não foi encontrada.**18, vem apresentando bons resultados em testes de avaliação.

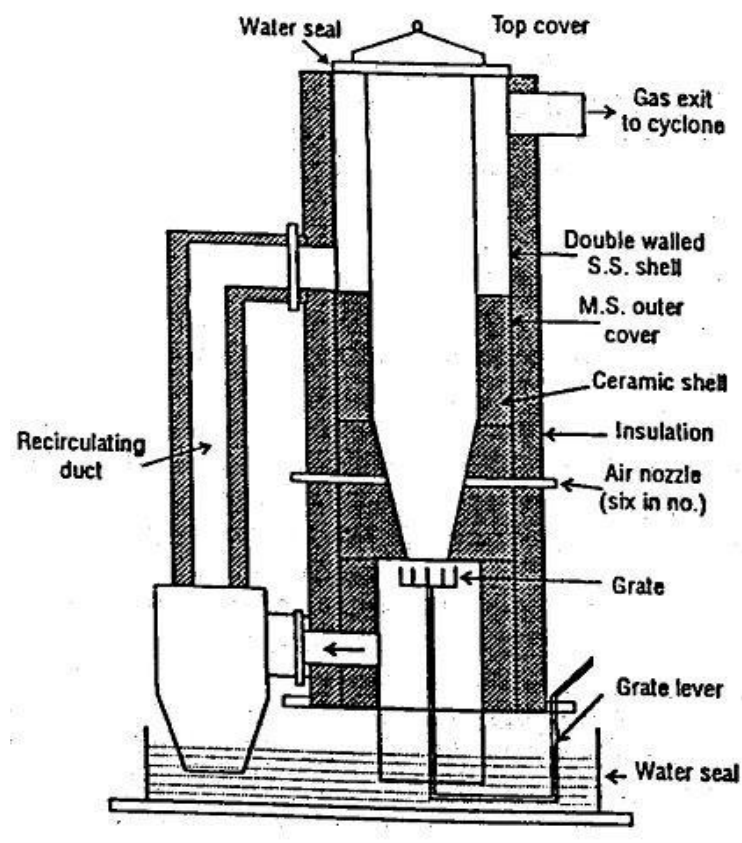


Figura 3.18 - Esquema do modelo de gaseificador concebido pelo IIC.
Fonte: Martins (2004).

Como principal vantagem da gaseificação aponta-se o facto do rácio custo/benefício da exploração de um gaseificador em relação ao combustível líquido ser mais competitivo.

A principal desvantagem da gaseificação é ser uma tecnologia mais complexa e requerer maiores cuidados com o vazamento do gás que é tóxico.

No geral, os gaseificadores exigem que a biomassa de alimentação tenha uma especificação própria, que depende do projeto do gasificador, nomeadamente, a composição elementar, o PCI, o teor de humidade, a granulometria, a massa específica aparente e o teor de voláteis (Rendeiro e Nogueira, 2008).

Gasificadores estão disponíveis no mercado, aplicáveis na geração entre 1 e 500 kW para funcionamento e produção de electricidade de maneira intermitente. Para potências acima de 500 kW até 1000 kW, os equipamentos são desenvolvidos em cooperação entre os fabricantes e os usuários. As centrais com gasificadores são uma tecnologia em fase de amadurecimento. Isso significa que seus preços são altos, porque os fabricantes ainda são poucos e os equipamentos não possuem garantia de desempenho. Para potências abaixo de 300 kW, o custo referência para instalação é de R\$ 6000/kW, cerca de 2 251,2 €/kW e o custo de operação e manutenção é de R\$ 500/kW, cerca de 670 €/kW (Rendeiro e Nogueira, 2008).

4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DO ESTUDO

A Kissomeira é uma comunidade rural surgida há relativamente pouco tempo, cerca de 25-30 anos, ao sul do Município do Dande, Província do Bengo. O Bengo é uma província localizada no litoral norte de Angola, limitada a norte pelas Províncias do Zaire e Uíge, a este e sudeste pela Província do Cuanza Norte, a sul pela Província de Luanda e a Oeste pelo Oceano Atlântico, ocupando uma área de 25 139 km².

Na Província do Bengo predominam as culturas da mandioca, amendoim, palmar, café, batata-doce, milho, mamão e banana, Wikipédia (2020).

A zona do estudo tem o epicentro nas coordenadas: -8.755779 latitude Sul; 13.631187 longitude Este, a cerca de 50 km a norte da cidade de Luanda, a aproximadamente 35 Km da estrada que liga Luanda e Caxito (capital do Bengo), do.1 e **Erro! A origem da referência não foi encontrada.**2. Na Caracterização Mesológica de Angola, segundo Diniz (2006), está inserida na Região Agrícola nº 7/8. Esta localização confere à região características de clima que se integra na região semi-árida (D) da classificação climática racional de Thornthwaite, designado por megatérmico, com temperatura média anual entre 25°C e 26°C e humidade relativa muito elevada ao longo do ano, atingindo valores máximos na época seca, o cacimbo. Na classificação climática de Köppen a região enquadra-se no clima seco de estepe, muito quente (BSh), Diniz (2006).

Segundo a regionalização do sector agrícola, adoptada recentemente pelo Ministério da Agricultura e Desenvolvimento Rural (2018), citada por Santana e Venda (2018), a área do estudo enquadra-se na Região Agrícola I, assente numa economia de sequeiro tendo como culturas mais correntes a mandioca, a batata doce, o milho e o tomate.

Estando situada numa zona intertropical, a região apresenta duas estações anuais: uma chuvosa e quente, que ocorre entre os meses de Setembro e Maio, e outra seca e relativamente fria, que ocorre entre os meses de Maio e Setembro. As médias de precipitações anuais são compreendidas entre 350 e 700 mm. Os máximos de temperatura e de precipitação registam-se em Março.

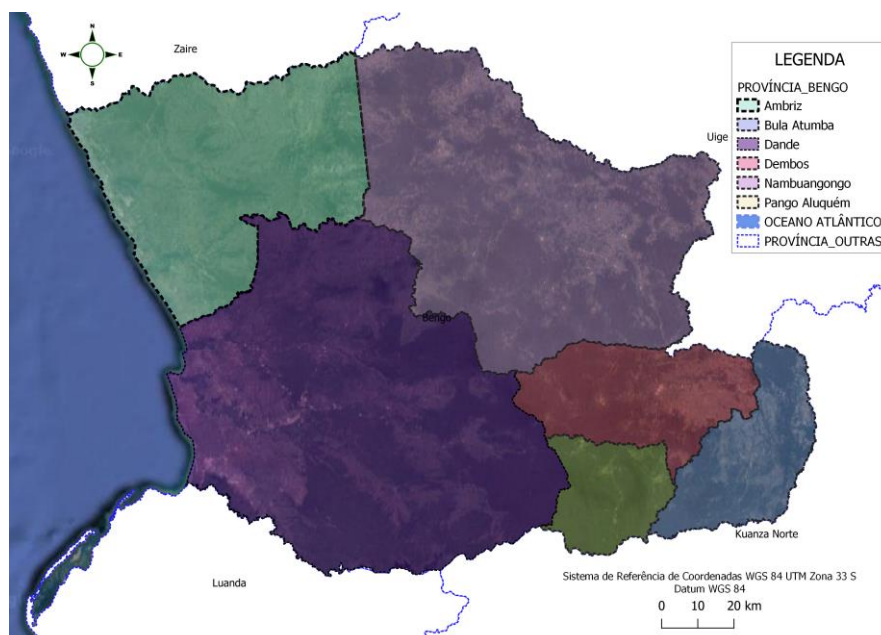


Figura 4.1 - Mapa político da província do Bengo, Angola, na qual se situa a área do estudo.

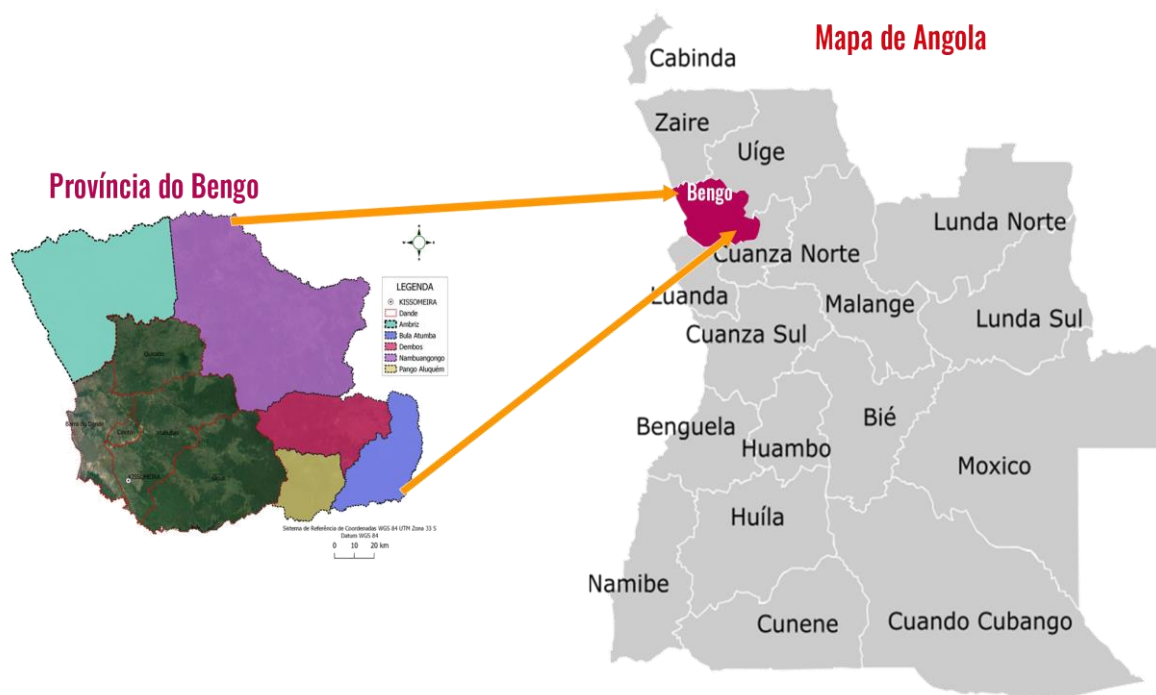


Figura 4.2 - Localização por satélite da Aldeia da Kissomeira, no Município do Dande, Província do Bengo.

Ainda segundo Diniz (2006), o relevo da zona corresponde a uma aplanção integrante da peneplanície litorânea que se estende de norte a sul do território angolano.

Os solos predominantes são os Barros Negros e os Barros Pardos, de textura pesada, em geral de cores negras ou cinzento-escuro ou pardos oliváceos dependendo do local em que se situam, muito pegajosos e plásticos de concentrações calcárias ou de cristais de gesso, constituídos principalmente por argila montmorilonítica que ao dissecarem se contraem, deixando largas fissuras e quando húmidos tornam-se bastante expansíveis (Diniz, 2006). São bem providos de elementos nutritivos, em especial o cálcio e o magnésio, possuem elevada capacidade utilizável de água e grau de saturação elevado que lhe conferem uma capacidade produtiva muito elevada quando utilizadas operações culturais convenientes. Estes solos exigem convenientes práticas de defesa contra a erosão. São solos localmente designados por Terras Negras de Catete (Diniz, 2006). Possuem aptidão para a produção do milho, algodão, sorgo e cana sacarina em regadio, estando, por conseguinte, esta região enquadrada na designada zona de grandes esquemas de regadio (Carvalho, 1962). Um segundo agrupamento de solos predominantes são os chamados Solos Calcários Pardos, assim designados por estarem correlacionados com os materiais calcários, gesso-calcário ou calcário margoso. Possuem textura média, com estrutura bem desenvolvida de agregados granulosos de nódulos de calcário e cristais de gesso. A fracção argilosa é constituída por materiais do tipo 2.1, principalmente montmorilonite. Têm conteúdo em bases de troca e grau de saturação de bases muito elevadas e boa capacidade para a água útil e regular drenagem interna. Quando bem conservadas são terras de satisfatória a elevada capacidade produtiva. Sob regadio interessam à cultura do algodão, milho e sorgo (Diniz, 2006).

A vegetação natural da zona reflecte um acentuado ambiente de secura, sendo por isso dominada por comunidades como a savana herbosa de *Setaria welwitschii*, característica de solos a base de barros e solos afins, (Diniz, 2006).

A população total da Kissomeira cresce rapidamente, embora algumas pessoas não tenham residência fixa, porque residem na cosmopolita cidade de Luanda, regressando diariamente à procedência após realizarem os trabalhos no campo, (ANGOP, 2017). As características ambientais inóspitas, com destaque para a inexistência de cursos de água (a água para consumo doméstico é comprada a revendedores que a transportam em camiões-cisternas), desencorajavam, até há relativamente pouco tempo, os potenciais candidatos a fixação na região. Entretanto, as migrações no território causadas pelas guerras levaram, nas últimas décadas, a um enorme crescimento demográfico da cidade de Luanda, fazendo com que algumas pessoas tivessem criado a actual comunidade da Kissomeira enquanto outras, não

residentes, mas movidas pela necessidade de possuir um pedaço de terra para fins agrícolas, também fossem montar ali a sua exploração à base de cultivo de milho. A segunda cultura mais vulgar é a do tomate, sendo também corrente o cultivo de batata doce e mandioca.

A principal actividade económica da comunidade é a agricultura em regime de sequeiro, sendo a área cultivável total estimada em 15-17 mil hectares, da qual estão em exploração permanente pouco menos que o estimado, tendo, por conseguinte, capacidade para produzir quantidades consideráveis de milho em cada época agrícola, fazendo jus ao facto de estar localizada numa região de reconhecido potencial para a produção deste cereal, desde que satisfeitas as necessidades hídricas.

A população local é de aproximadamente 6235 habitantes distribuídos por 4002 agregados familiares.

Na comunidade existe uma cooperativa de agricultores na qual estão inscritos cerca de 2 782 agregados familiares, dos quais 1650 são chefiados por mulheres, (Jornal de Economia & Finanças, 2017).

A par da má distribuição das chuvas, outro factor limitante no processo de produção do milho é a ocorrência de pragas que decorrem da má qualidade de sementes utilizadas. As inúmeras tentativas de introdução de sementes melhoradas, híbridas ou de polinização aberta (OPV), por parte dos serviços de extensão agrária, encontram relutância da parte dos agricultores, devido às exigências intrínsecas em termos de fertilização e manutenção dos níveis de água no solo. O grau de rejeição é maior, principalmente para os híbridos porque, da sua produção, não se recomenda retirar sementes para os anos subsequentes.

A região está desprovida de rede de abastecimento de água, sendo que, para o desenvolvimento da cultura do tomate, é comprada aos bidons de 20 litros transportados por veículos motorizados providos de três rodas, vulgarmente conhecidos por “Kupapata”. Por cada unidade (bidon de 20 L) é necessário despender KZ 50,00, cerca de 0,1 €, valor muito alto quando comparados aos exigidos no tarifário do Instituto Regulador dos Sistemas de Electricidade e Água (IRSEA) que apontam custos, para a província do Bengo, na ordem de KZ 91,00/m³ cerca de 0,182 €/m³ (tarifa variável) e KZ 200,00/m³, cerca de 0,4 €/m³ (tarifa mensal fixa), conforme se patenteia no Anexo B. Na melhor das variantes, esse abastecimento é assegurado por camiões-cisterna que a transportam a partir da estação de

captação e tratamento de Kifangondo, a cerca de 30 km de distância. Esta última variante é menos onerosa, pois que por cada 10 000-12 000 litros são cobrados KZ 13 000, cerca de 26 €. O curso de água permanente mais próximo, o Rio Bengo ou Zenza, encontra-se a cerca de 8 km a sul da área. Existe uma lagoa a norte, à uma distância comparativamente superior, mas também desta não é feita qualquer adução de água para a comunidade da Kissomeira. O aldeamento não dispõe de qualquer poço artesiano que possa suprir as necessidades domésticas das populações. As constatações in loco conferem credibilidade aos dados do Inquérito de Indicadores Múltiplos e de Saúde 2015-16 (IIMS - INE, 2016) que atestam que apenas dois terços dos agregados familiares angolanos em áreas urbanas e um terço nas áreas rurais têm acesso a fontes de água apropriada para beber.

Frequentemente ocorrem estiagens, principalmente no decurso da primeira época agrícola, tornando-se comum, nestas circunstâncias, observarem-se situações como ilustrado na **Erro! A origem da referência não foi encontrada.** Para mitigar a situação, algumas Explorações Agrícolas Familiares (EAF), afectas a Cooperativa Agro-Pecuária e Industrial da Kissomeira (CAPIK) pensam em converter os terrenos que possuam depressão topográfica em reservatório das águas pluviais, à semelhança das existentes no sul do País, localmente designadas por chimpakas. Para tal são necessários recursos monetários para o aluguel de equipamentos mecanizados, o que rareia entre os camponeses.



Figura 4.3 - Ilustração do stress hídrico na cultura do milho na Kissomeira

Não existe rede pública de energia eléctrica, levando a que a iluminação nos domicílios seja à base de velas de cera ou candeeiros a petróleo iluminante, com todos os riscos de deflagração de incêndios que proporcionam, ou por lanternas a pilha seca.

No principal aldeamento existem alguns estabelecimentos comerciais (mercearias), propriedades de imigrantes oeste-africanos, e alguns pertencentes a cidadãos nacionais, sendo estes os únicos que, além do comércio geral, se dedicam a comercialização do milho. O abastecimento em insumos agrícolas, principalmente em fertilizantes e instrumentos agrícolas, encontra-se disponível num estabelecimento comercial situado a cerca de 10 km, ficando ainda mais encarecidos pelo frete até a aldeia. Todavia, a grande fonte de insumos agrícolas, para as explorações agrícolas familiares (EAF) são os mercados informais que se encontram também a distâncias consideráveis deste local. A comercialização da produção é geralmente assegurada pelo próprio produtor que leva parte da sua colheita ao mercado depois da sua transformação em farinha nas pequenas unidades moageiras que funcionam à base de motores diesel e que se revelam insuficientes para atender a demanda. Os preços praticados nestas unidades são considerados demasiadamente altos pela população, porque são cobrados KZ 150,00/10 kg, cerca de 0,3 €/10kg de milho moído.

As áreas de cultivo situam-se ao redor do aldeamento a distâncias não superiores a 15 km do centro do mesmo.

A topografia do terreno não constitui qualquer problema à deslocação de viaturas e máquinas agrícolas, todavia, após uma chuvada torna-se barrento e de difícil transitabilidade para as viaturas sem tracção às quatro rodas.

Recentemente foram instaladas duas brigadas de mecanização agrícola nesta comunidade, contudo os encargos para a contratação dos seus serviços não estão ao alcance da maioria das EAF.

4.1 A cultura do milho na zona do estudo

O milho é a base alimentar da população da área do estudo, constituída maioritariamente por pessoas procedentes do centro sul do país com forte tradição de cultivo e consumo deste cereal. É considerada como cultura de rendimento pelos membros da cooperativa Agro-Pecuária e Industrial da Kissimeira (CAPIK).

O sistema de produção nesta região é, para a maioria das Explorações Agrícolas Familiares (EAF), uma monocultura, não obstante estarem a surgir consociações com a cultura do tomate. Estas consociações surgem apenas na segunda época agrícola. O milho é cultivado em regime de sequeiro, o que expõe a cultura ao risco resultante dos períodos de estiagem. A primeira época de sementeira decorre de Outubro a Dezembro e a segunda de Fevereiro a Março. O regadio permite o alargamento substancial, no território nacional, das zonagens da cultura do milho propostas por diferentes autores. Nesta óptica, Marcelino (1973), afirma que em nenhum ponto do território angolano há impedimento térmico para a cultura do milho desde que as suas necessidades hídricas e nutricionais sejam satisfeitas. Por esta razão, é prática realizarem-se na região do estudo duas sementeiras anuais em sequeiro, contudo, em dependência das variedades de sementes utilizadas e da disponibilidade em água, é possível fazer três. Na Região Agrícola 7/8, designada por Litoral de Luanda, onde se situa a área do estudo, a necessidade de água para rega do milho é calculada em 278,2 mm, conforme mencionado no Anexo A que representa os quantitativos médios de água de rega necessários para o milho em complemento das quedas pluviométricas, nas distintas regiões edafo-climáticas existentes no território. A comparação dos dados desta tabela patenteia de forma inequívoca que as necessidades de rega nesta região são das mais baixas de todo território nacional, batendo, neste quesito, as regiões consideradas tradicionais e, aparentemente, mais vocacionadas para a produção de milho.

Nesta região, apesar da sua proximidade ao litoral, onde o objectivo da cultura é geralmente o consumo em fresco, a cultura é realizada com o objectivo de obter o grão seco. O cultivo é, entre as famílias mais carenciadas, feito sem qualquer aplicação de fertilizante de síntese e sem controlo de pragas e doenças. Na sementeira de segunda época, a mais produtiva, estes produtores, bem como os de nível médio, dispensam a mobilização convencional do solo, substituindo-a pela abertura de pequenos covachos feitos com auxílio de um espeto de pau, localmente designado por “Mussengu”, nas quais se depositam as sementes conforme demonstrado na Figura 4.4 - Lançamento de semente na 2ª época, efectuada sobre o restolho da cultura anterior^{4.4}, complementada pela ilustração do Apêndice I.



Figura 4.4 - Lançamento de semente na 2ª época, efectuada sobre o restolho da cultura anterior

Esta prática de sementeira sobre o restolho certamente tem contribuído para a manutenção da fertilidade do solo levando a que, não obstante a ausência de fertilizantes, estes mantenham rendimentos acima da média para o sector familiar.

O compasso de sementeira, na generalidade dos casos, não é regular, podendo variar entre 0,7 a 1 metro, sendo depositados, por covacho, entre 4 a 7 grãos dos quais resultam populações de plantas que podem variar desde muito densas a muito esparsas conforme ilustrado pela Figura 4.5. O lançamento de tão elevada quantidade de semente por covacho é justificada pelo facto da mesma possuir poder germinativo muito baixo, decorrente do seu avançado estado de degeneração devido a excessiva reutilização e, por outro lado, para colmatar os prejuízos ocasionados pelos roedores.



Figura 4.5 - Aspecto de um campo de milho podendo-se observar a densidade das plantas, típica na região da Kissomeira.

Os produtores com maiores recursos financeiros realizam, geralmente, uma mobilização do solo com recurso a uma lavoura e a uma gradagem ligeira.

A colheita do cereal é efectuada de forma manual, razão por que apenas se retiram as espigas, ficando os resíduos (colmos, folhas e palha) nas parcelas para restituição ao solo ou para incineração.

A debulha acontece fora ou no local de produção sendo executada com o uso de varapaus, quando em terreiros e a quantidade o justifique, ou no almofariz quando realizada em casa e, logicamente, em menores quantidades.

A produtividade média, segundo informações dos técnicos da Estação de Desenvolvimento Agrário (EDA) afecta ao município do Dande, corroboradas pelos relatórios do Gabinete de Estudos, Projectos e Estatísticas (GEPE) do Ministério da Agricultura e Florestas, é das mais altas da província e quiçá de todo território nacional, ao nível do sector agrícola familiar, cifrando-se em 2 ou mais toneladas de grão por hectare.

Da cultura realizada na região, estima-se que uma terça parte dos resíduos seja incorporada ao solo para a reciclagem dos nutrientes e a restante, constituída por colmos, folhas e palha, é pura e simplesmente incinerada, enquanto o sabugo pode receber igual tratamento no

terreiro onde se procede a debulha, procedimento que contribui para a emissão de gases de efeito de estufa (GEE).

5. METODOLOGIA

O estudo consistiu num trabalho de campo, segundo métodos mistos, que consistem na junção da abordagem qualitativa e quantitativa (Creswell, 2010). O método quantitativo consistiu na agregação das informações recolhidas nas medições objectivas das parcelas, nomeadamente as produções e produtividades de resíduos de milho e a projecção das necessidades energéticas da comunidade. O método qualitativo serviu como meio de compreensão holística do “modus vivendi” e “modus operandi” e das características situacionais apresentadas pelos entrevistados e meio para melhor entendimento dos dados obtidos através do método quantitativo. Em ambos os casos, o procedimento seguido foi a amostragem que, segundo Schattan (2003), consiste em investigar as características de um todo através do estudo das características correspondentes de uma sua parte.

O procedimento metodológico observou um ponto prévio que consistiu na realização, a montante, de contactos com os responsáveis da comunidade da Kissomeira, para a definição do universo de famílias existentes na comunidade, que corresponde a igual número de Explorações Agrícolas Familiares (EAF), cujo resultado passou a ser a base de sondagem do estudo, seguido da estratificação e caracterização das EAF com base em critérios previamente definidos, culminando com a determinação, também estratificada, do tamanho da amostra.

Na etapa seguinte realizaram-se os inquéritos às EAF, compreendendo os seguintes passos:

- a) Entrevistas aos agricultores (que constam da amostra estratificada definida na sondagem);
- b) Determinação dos indicadores de produção, com destaque para a quantidade de resíduos gerados na 2ª época agrícola, através da medição objectiva das parcelas das EAF constantes na amostra de cada estrato;
- c) Determinação do potencial energético da região a partir da quantidade de resíduos disponibilizada pela cultura de milho na 2ª época agrícola;
- d) Determinação das necessidades energéticas da região com base no número de residências existentes no assentamento habitacional e estabelecimento de cenários para estimar o consumo eléctrico de hipotéticas unidades moageiras e bombas submersíveis para a sucção da água;

- e) Definição de uma margem de carga eléctrica entre a potência do gerador e a carga total projectada, para responder a eventuais incrementos de cargas e dar cumprimento às recomendações dos fabricantes dos equipamentos;
- f) Determinação da necessidade energética total da região;
- g) Balanço energético entre o potencial eléctrico da biomassa dos resíduos do milho e a necessidade energética da área do estudo.

5.1 Estratificação das EAF

Constatado, no decurso da sondagem preliminar, um desnível entre as explorações agrícolas existentes, impôs-se a necessidade de identificar e caracterizar os estratos existentes no universo de estudo, tendo em vista a quantificação da biomassa gerada na comunidade. O procedimento permitiu agrupar e alistar os produtores em estratos, permitindo a sua caracterização, fundamentalmente com base nos critérios da extensão das respectivas propriedades, uso de equipamentos mecanizados na preparação de terras, uso de insumos agrícolas e modo de condução da exploração, a partir dos resultados de um questionário semi-estruturado, conforme o Apêndice II.

5.2 Procedimento de amostragem

A existência de diferentes estratos de agricultores na região ditou a necessidade de extracção de uma amostra compatível em cada um destes estratos. Fazendo corresponder cada estrato diagnosticado a uma população, ao número total de EAF encontradas em cada estrato foi atribuída a designação N. Seguidamente, a partir da lista de cada estrato, previamente elaborada, seleccionaram-se as explorações agrícolas para integrar a amostra do respectivo estrato, seguindo um procedimento casuístico com recurso a uma tabela de números aleatórios, permitindo, desta forma, que todas as explorações agrícolas (EAF), dentro do seu respectivo estrato, tivessem idêntica probabilidade de serem escolhidas para a amostra. Para facilitar o trabalho de selecção, aos nomes dos chefes das EAF foi atribuído um número convencional no respectivo estrato.

Tratando-se de uma amostragem acidental simples, conhecido o universo de cada estrato e seleccionado o nível de confiança pretendido, a margem de erro e o desvio padrão, aplicou-se, para cada estrato diagnosticado na comunidade, a fórmula abaixo mencionada para o cálculo do tamanho da respectiva amostra:

$$n = \frac{\frac{Z^2 \times p \times (1-p)}{e^2}}{1 + \left[\frac{Z^2 \times p \times (1-p)}{e^2 \times N} \right]} \quad (6)$$

Onde:

- N = tamanho ou universo da população
- n = tamanho da amostra
- Z = score ou "valor padronizado"
- e = margem de erro
- p = desvio padrão

Optou-se por utilizar um desvio padrão grande (50%), por formas a assegurar que o tamanho da amostra represente precisamente a população total, considerando a margem de erro e o nível de confiança definidos. O grau de confiança considerado ideal para este estudo é de 95% e com este valor encontrou-se o valor correspondente a “Z”, recorrendo-se à Tabela 5.1. mencionado pelo Guia Wikihow (2019).

Tabela 5.1 - Grau de confiança e valor crítico pretendido.

Grau de confiança	α	Valor crítico $Z_{\alpha/2}$
90%	0,10	1,645
95%	0,05	1,96
99%	0,01	2,575

Fonte: Guia Wikihow (2019).

5.3 Realização de inquéritos

O estudo efectuou inquéritos aos produtores, subdivididos em entrevistas e medições objectivas das parcelas, fundamentalmente com o propósito de obter dados sobre a produção de resíduos de milho na região e outros indicadores porque, tal como referido anteriormente, os produtores familiares nem sempre conhecem, de forma fiável, os indicadores das suas explorações agrícolas.

A unidade estatística designada no inquérito é a Exploração Agrícola Familiar (EAF) que, efectivamente, corresponde a um agregado familiar. Para os fins do presente estudo, o agregado familiar é definido como sendo a pessoa ou conjunto de pessoas dependentes da

actividade agrícola, geralmente unidas pelo grau de parentesco e que habitam em conjunto, sem que seja necessariamente sob o mesmo tecto, e que compartilham a convivência desta união, em termos económicos, sob autoridade de um chefe. No ruralismo angolano, o elemento comum que serve para determinar o agregado familiar é o fogão ou o fogo doméstico, pelo que, todas as pessoas que dia a dia compartilham das refeições confeccionadas num mesmo fogão ou fogo doméstico são membros deste agregado familiar.

O período de tempo considerado na avaliação é o ciclo das culturas temporárias ou época agrícola que corresponde ao período de tempo que decorre desde a sementeira do milho até à sua colheita.

5.3.1 Entrevistas

A realização de entrevistas visou obter dados não mensuráveis e consistiram em questionário estruturado aos chefes dos agregados familiares das unidades existentes nas amostras, conforme o guião do Apêndice III, preconizando os seguintes objectivos:

- Obter um conhecimento preliminar dos indicadores de produção das EAF, principalmente os relativos à 1ª época e ao ano agrícola em geral;
- Constatar as necessidades energéticas dos agregados familiares;
- Recolher informações sobre a condição sócio-económica das famílias;
- Aferir o grau de ansiedade dos aldeões relativamente ao fornecimento de energia eléctrica.

5.3.2 Medição objectiva das parcelas

Como referido anteriormente, nem todos os produtores familiares, desta e de outras regiões do País, conhecem, com a fiabilidade desejada, os indicadores de produção da sua actividade. Ademais, os dados sobre a actividade agrícola, em posse das entidades oficiais, são genéricos pois reportam-se ao município e à província e não, de forma específica, a uma determinada região.

Como referido por Pinto (2006), determinar a quantidade de resíduos através do emprego do coeficiente de produção de resíduos (CR), poderá não ser aplicável para o caso em estudo devido a falta de fiabilidade dos dados relativos à produção de grão. Por esta razão impôs-se a necessidade de determinar os indicadores requeridos neste estudo, através da medição objectiva dos campos das EAF das amostras.

As medições foram realizadas no ano agrícola 2018/2019, avaliado como normal, tanto do ponto de vista meteorológico (início, frequência, volume e término das chuvas), quanto do ponto de vista de sanidade vegetal (ocorrência de pragas e doenças). Ressalta-se também o facto de, no ano agrícola em referência, ter havido disponibilidade de insumos agrícolas em quantidade e de forma atempada, não tendo este quesito, qualquer influência negativa nos resultados.

O procedimento observou os seguintes passos:

a) Implantação de quadrados de densidade

Uma das metodologias de determinação dos indicadores de produção agrícola é a medição em pequenas parcelas e extrapolação dos resultados para o todo (Sud, U. et al, 2017; MINAGRIF, 2020). O quadrado de densidade é a metodologia de amostragem que consiste na delimitação de uma pequena parcela dentro da parcela agrícola objecto do estudo. A localização desta pequena parcela (quadrado de densidade) é determinada de forma aleatória e o seu tamanho pode ser de 5 m² quando se destina a fazer determinações em culturas primárias, ou de 10 m² quando se destina a determinações em fruticultura ou silvicultura, ou até inferiores, quando se trata de pequenas hortas ou canteiros de jardins. A definição do número de parcelas a instalar depende da área a avaliar. Nesta conformidade, tendo em conta que ao nível do sector agrícola familiar predominam as pequenas parcelas, é usual a implantação de dois quadrados em cada unidade ou parcela agrícola a avaliar (GEPROC, 2004).

Uma recomendação, quando se avaliam culturas temporárias, é a necessidade de instalação dos quadrados de densidade imediatamente após a sementeira, no início do ciclo vegetativo da cultura, para se evitarem vícios no momento de recolha das amostras (GEPROC, 2004). Todavia, no estudo em apreço, a falta de garantia de preservação dos marcos, durante o período de vegetação da cultura, levou a decidir pela sua instalação no final do ciclo vegetativo, observando-se os procedimentos de casualização para a sua instalação.

O produto recolhido de cada quadrado de densidade foi utilizado para a determinação do número de plantas, peso dos grãos e dos resíduos do milho para posterior extrapolação para o todo da parcela.

b) Determinação do coeficiente de área da cultura (Ca)

Em algumas EAF foram encontrados campos com culturas consociadas. Nesta região do estudo, os casos de consociação de culturas mais vulgares são entre o milho e o tomate, esta considerada como cultura de rendimento devido às maiores rendas que proporciona às famílias num espaço de tempo relativamente inferior ao milho. Nestes casos impôs-se a necessidade de determinação do coeficiente de área por forma a permitir a aplicação da técnica de imputação de áreas (atribuição da área correspondente a cada cultura presente na consociação) para a determinação dos respectivos indicadores de produção.

O coeficiente de área corresponde à área média atribuída a cada planta, numa cultura em consociação, dentro do quadrado de densidade. O coeficiente de área é determinado numa parcela com cultura estreme e posteriormente o seu valor é utilizado na determinação da área afectada a cultura em consociação dentro do quadrado de densidade. O coeficiente de área é calculado pela expressão:

$$Ca = \frac{NQ \times 25 \text{ m}^2}{Np} \quad (7)$$

onde:

Ca – coeficiente de área;

NQ - número de quadrados de densidade implantados na parcela;

Np – número total de plantas ou covachos com plantas contabilizadas nos quadrados de densidade.

25 m² – Área ocupada por cada quadrado de densidade.

Com o valor do coeficiente de área de cada cultura procede-se a imputação das superfícies como referenciado no Manual do Inquérito da Produção Agrícola, MINAGRIF (2020).

c) Determinação dos indicadores de produção

Para determinar os indicadores de produção das parcelas extrapolam-se os resultados obtidos nos quadrados de densidade aí desenhados. As plantas encontradas em cada

um dos quadrados de densidade, são colhidas, levadas para um terreiro e deixadas a secar durante 15 dias. Seguidamente procede-se à debulha e pesagem dos grãos.

À parte, são separados os resíduos da cultura em quatro categorias: sabugo, folhas, colmos e palha das espigas.

Conhecida a superfície da parcela com cultura, conhecida a superfície total dos dois quadrados de densidade (50 m²) e pesados os resíduos e os grãos nos dois quadrados de densidade implantados, extrapolam-se os resultados para o todo da parcela utilizando a fórmula:

$$PCp = \frac{PCQ}{50 \text{ m}^2} \times (Sp \times 10\ 000) \quad (8)$$

Onde:

PCp – produção colhida em toda a extensão da parcela (kg);

PCQ – produção total nos dois quadrados de densidade (kg);

Sp – superfície total da parcela (ha);

50 m² – superfície total dos quadrados de densidade.

Desta forma é quantificada a produção em grãos e em resíduos nas suas componentes: sabugo, folhas, hastes e palha.

Para o cálculo do rendimento da parcela aplica-se a expressão:

$$R = \frac{PCp \text{ (kg)}}{Ac \text{ (ha)}} \text{ ou } R = \frac{PCp \text{ (ton.)}}{Ac \text{ (ha)}} \times 1\ 000 \quad (9)$$

Onde:

R – Rendimento (kg/há; t/ha).

PCp – peso dos grãos ou resíduos encontrados na parcela (kg);

Ac – área total da parcela (ha);

Os valores médios de cada parâmetro das unidades de amostragem são utilizados na determinação do total de qualquer dos parâmetros no estrato (área, produção, quantidade de biomassa) da cultura i na região, traduzidos na aplicação da seguinte fórmula, segundo a GEPROC (2004):

$$Y = N \sum_{i=1}^n y_i / n = N \bar{y} \quad (10)$$

onde:

N - é o número de EAF no estrato.

\bar{y} - é o valor médio do parâmetro da cultura a determinar num estrato considerado.

Para o cálculo do valor global de qualquer parâmetro na região ou área do estudo, por ter sido considerado mais que um estrato, este valor é dado pela soma dos valores parcelares de todos estratos, (GEPROC, 2004):

$$Y = \sum Y_1 \dots Y_n \quad (11)$$

Onde:

Y = Valor do parâmetro na região

$Y_1 \dots Y_n$ = Valor parcelar do parâmetro nos estratos.

d) Quantificação da biomassa disponível

É sempre importante ter presente que nem toda a quantidade existente de resíduos pode ser disponibilizada para a geração de energia. Da quantidade de biomassa produzida durante a época agrícola na área do estudo, houve a necessidade de se quantificar aquela que efectivamente pode ser utilizada para a produção de energia. Segundo Otchere-Appiah e Hagan (2014), da quantidade de biomassa gerada pela cultura deve-se deduzir 40% que, naturalmente, deverá ser destinada aos usos concorrentes, como a incorporação ao solo para conservação e reciclagem dos nutrientes, o *mulching* e como combustível para diferentes usos.

Para tal utiliza-se a equação:

$$AA = GA \times 0,6 \quad (12)$$

Onde:

AA – Quantidade de biomassa disponível para fins energéticos (t);

GA – Quantidade de biomassa existente ou produzida (t).

Outrossim, Otchere-Appiah e Hagan (2014), referem que o funcionamento dos conversores a biomassa é influenciado directamente pela percentagem de humidade existente no material combustível, afirmação corroborada por Freitas (2016), ao afirmar que o Poder Calorífico Inferior (PCI) é função do teor de humidade contido na amostra do resíduo (combustível). Nesta conformidade, da quantidade de biomassa disponível foi necessário calcular que quantidade de biomassa seca é possível obter tendo em consideração a influência que a humidade joga na eficiência do processo de conversão energética. Não foi levado em consideração que na região do estudo raramente chove depois da maturação da cultura, por tratar-se de uma região semi-árida, e, por consequência, o material geralmente possui teores de humidade pouco expressivos, em média com 15-20% de humidade, conforme ilustrado no Apêndice IV, factor que, à partida, leva a dispensar a necessidade de uso de sistemas artificiais de secagem de resíduos. Não obstante, fez-se recurso ao princípio apontado por Otchere-Appiah e Hagan (2014), aplicando a expressão:

$$DA = AA - (AA \times MC) \quad (13)$$

Onde:

DA – Quantidade de biomassa seca (t);

AA - Quantidade de biomassa disponível calculada no passo anterior (t) ;

MC – Teor de humidade expresso (%).

e) Determinação do potencial energético da região

Uma outra característica importante que define o potencial energético da biomassa é o seu poder calorífico. Sabe-se que o Poder Calorífico Inferior (PCI) dos resíduos do milho é de 4 227 kcal/kg, (Ministério Brasileiro de Minas e Energia, 2007, citado por Freitas, 2016), conforme patenteado na tabela do Anexo B e corresponde a 17 690 kJ/kg.

Para o efeito de cálculo do poder energético, antes impõe-se conhecer que quantidade de energia térmica se pode obter com a biomassa disponível e posteriormente que quantidade de energia eléctrica é possível produzir com tal quantidade de calor.

Segundo Otchere-Appiah e Hagan (2014), pode-se utilizar, na conversão energética da biomassa, um coeficiente de conversão médio de 1,5 MWh de energia eléctrica para cada

tonelada de biomassa seca com eficiência de conversão na faixa de 20 a 40%. Todavia, este procedimento não evidencia o factor “poder calorífico específico” dos resíduos. Por esta razão no presente estudo foram observados os passos descrito como se segue:

Considerou-se como ponto de partida a equação pesquisada em Convertlive (2019), na qual consta que:

$$1 \text{ kWh} = 3\,600 \text{ KJ} \quad (14)$$

Partindo do princípio de que o PCI do milho, expresso em Quilocalorias conforme tabela do Anexo 4, pode ser expresso em Quilojoules pela equação:

$$\text{PCI} = \frac{4\,227 \text{ Kcal/Kg}}{1 \text{ Kg}} \times 4,185 \text{ kJ} \quad (15)$$

O valor do PCI específico dos resíduos do milho obtido através desta conversão, multiplicado pela quantidade de resíduos secos, previamente calculada segundo a expressão que a seguir se apresenta, permite quantificar a energia térmica possível de ser produzida com tal quantidade de resíduos.

$$\text{Energia Térmica Total} = \frac{\text{PCI (kJ)}}{1 \text{ kg}} \times \text{Quantidade de biomassa seca kg} \quad (16)$$

Com o resultado obtido nesta etapa, utilizando a relação de conversão expressa pela equação (15) obtem-se a quantidade de energia eléctrica, em kWh, possível de ser gerada.

f) Determinação das necessidades energéticas da região

A etapa seguinte consiste na determinação das necessidades energéticas, expressas em kWh, da área do estudo. Este conhecimento é importante para definir as principais características do conversor a aplicar e o sistema logístico que melhor se adequa para o abastecimento da plataforma de conversão. A carga eléctrica total da comunidade resulta das cargas parcelares a atribuir aos domicílios, a indústria de processamento do milho, ao bombeamento de água para a comunidade e para a plataforma de conversão e para a constituição de uma reserva capaz de suportar as necessidades futuras resultantes do crescimento da população e não só.

Para o cálculo da carga imputável aos domicílios, a metodologia seguida foi o recurso ao dado referente ao número de residências existentes na comunidade (obtido na sondagem preliminar) e a pesquisa da potência eléctrica atribuída aos consumidores de baixo consumo, conforme tarifário da IRSEA, apresentado no Anexo C. Neste documento, as potências contratadas para os consumidores domésticos de baixa renda, nos quais se podem enquadrar os hipotéticos consumidores da região do estudo, variam de 1,1 a 1,3 kVA com um consumo limite mensal fixado em 120 kWh.

Tendo em conta que cada residência necessita, em ponta máxima, de aproximadamente 1,3 kVA, o consumo total da comunidade será igual a multiplicação pelo número de residências existentes na comunidade, segundo diagnóstico previamente efectuado:

$$\text{Consumo total (kVA)} = 1,3 \text{ kVA} \times n^{\circ} \text{ residências diagnosticadas} \quad (17)$$

Para o cálculo da carga a atribuir as unidades de processamento do milho, partiu-se do princípio de que na comunidade existem duas pequenas unidades moageiras de cereais, movidas a diesel, que não conseguem dar vazão às necessidades da população. Na eventualidade de haver fornecimento de electricidade perspectiva-se que, em sua substituição ou complementação, três novas moageiras possam ser instaladas. Cada uma das novas moageiras pode ter uma potência aparente de 20 kVA. A carga total imputável a este segmento será igual ao produto da potência nominal de cada unidade pelo nº de unidades a instalar.

Quanto a carga a atribuir às bombas de água, importa referir que um conversor de energia por combustão directa da biomassa requer água para o seu funcionamento. Na Kissomeira, como referido na caracterização desta região, não existe água canalizada, tampouco poços artesianos e os cursos de água permanentes passam a distâncias superiores a 8 km. Afiguram-se duas possibilidades para aduzir água para o conversor de energia: a primeira, através de camião cisterna que abasteça um reservatório e a segunda, que é mais prática, menos onerosa e pode propiciar um outro benefício à comunidade, é extraí-la a partir de um poço artesiano ou furo, por bomba eléctrica submersível, até ao reservatório que alimenta o conversor. Nesta óptica e por forma a colmatar as carências existentes na comunidade neste domínio, podem ser previstos outros pontos de água para abastecimento à população. Foi considerado como razoável, numa primeira fase, um número de três pontos de água tendo em conta que, para consumidores da classe doméstica social, na qual se enquadram os lares da região do

estudo, segundo o tarifário mencionado pelo IRSEA, o consumo máximo mensal por unidade de residência na província do Bengo está fixado em 5 m³, tal como se pode constatar no Anexo D. Isto pressupõe que o consumo domiciliário mensal da área do estudo seja de 3 500 m³ resultante da multiplicação por 700 lares. Esta necessidade em água, tanto dos domicílios como do conversor de energia, pode ser satisfeita, com a instalação de bombas eléctricas submersíveis, com potência nominal de 1,5 kW e capacidade de adução igual ou superior a 5 m³/h.

Supondo que os motores das bombas eléctricas tenham um factor de potência ($\cos\varphi$) igual a 0,8, a potência parcelar aparente a atribuir a este segmento é dada pela equação que se segue, segundo Costa (2019):

$$\text{kVA} = \frac{\text{kW}}{\text{Cos}\varphi} \quad (18)$$

Logo:

$$\text{kW} = \text{kVA} \times \cos \varphi$$

Em que:

kW - é a potência activa ou real;

kVA – é a potência aparente;

$\text{Cos } \varphi$ – é o factor de potência que representa a razão entre a potência real ou activa pela potência total ou aparente (Costa, 2019). Por outras palavras, é a grandeza que indica a eficiência com a qual a energia eléctrica é utilizada.

Para calcular a carga total da instalação, sem reserva, somam-se todas as cargas parcelares:

Carga total s/reserva = carga domiciliária + carga industrial + carga das bombas de água. (19)

Quanto a importância do cálculo de uma reserva, para atendimento de eventuais necessidades de crescimento da comunidade, importa referir que a taxa de crescimento da população angolana é de cerca de 3,31% por ano, INE (2014). Nesta perspectiva, deve ser atribuída aos cálculos das necessidades energéticas da região uma margem de carga compatível para dar vazão ao incremento populacional. Noutra vertente, as boas práticas de planeamento e gestão eléctrica recomendam o estabelecimento de uma margem entre a oferta e a necessidade energética, isto é, entre a potência nominal do gerador e a potência de

consumo ou carga instalada na comunidade, não obstante este procedimento encarecer o investimento. Para o efeito, os fornecedores de equipamentos recomendam que um gerador seja explorado com uma margem mínima de segurança de 20% da sua potência nominal (GSM Geradores, 2021) ou 25% (Grupel, 2021). Cargas constantes acima de 80% diminuem a vida útil do gerador, porém sobredimensioná-lo também ocasionará o mesmo problema porque, por exemplo, os motores que trabalham constantemente com cargas abaixo de 30% de sua potência nominal podem vir a ter problemas mecânicos de forma precoce e com isso um custo elevado de manutenção (Grupel, 2021). Com este propósito e para que a exploração do equipamento seja segura e tenha maior longevidade (geralmente estimado em 25-30 anos o limite máximo de tempo de funcionamento para que o equipamento seja submetido a uma rigorosa inspecção), tendo em consideração o já referido crescimento da população e, por conseguinte, das necessidades energéticas, hei por conveniente projetar-se uma reserva de 30% sobre as necessidades actuais.

Fazendo incidir 30% sobre o resultado da carga total sem reserva, obtém-se o valor destinado a constituição de uma reserva composta por duas parcelas: uma de 20% como margem de segurança do equipamento; outra de 10% como reserva para responder às eventuais necessidades de crescimento de consumos. Nesta conformidade, tem-se:

$$\text{Reserva} = \text{carga total s/reserva} \times 0,3 \quad (20)$$

A carga total aparente é dada pela expressão:

$$\text{Carga Total (kVA)} = \text{carga total s/reserva} + \text{reserva} \quad (21)$$

Para a conversão da carga total da região, expressa em kVA para kW, isto é, de potência aparente para potência activa, não obstante tratar-se de energia eléctrica para uma comunidade rural, certamente a sua utilização não será restrita à iluminação pelo que é razoável prever a introdução paulatina de alguns aparelhos de refrigeração e outros de uso domiciliar, além da já mencionada utilização de motores para as moageiras e para a sucção de água. A inclusão deste tipo de receptores no circuito pressupõem um desfasamento entre a tensão e a corrente, implicando no surgimento de uma potência reactiva. Segundo Scarpin (2017), as instalações que tenham $\cos \varphi$ inferior a 0,92 sujeitam-se ao pagamento de uma coima. Vieira (1977), também menciona como sendo recomendável que a utilização da energia eléctrica não tenha eficiência inferior a 92%. Tomando este valor como referência e

substituindo-o na Fórmula 18 mencionada por Costa (2019), calculou-se a carga total previsível para a Kissomeira:

$$kW (Total) = kVA (Total) \times \cos \varphi \quad (22)$$

g) Balanço energético da região

Com os dados calculados relativos ao potencial energético da região e os das suas necessidades é estabelecido um balanço para aferir até que ponto o primeiro satisfaz o segundo e pode ser exequível e recomendável um projecto de conversão energética à base de resíduos de milho, gerados na área do estudo durante a 2ª época agrícola.

h) Proposta de planeamento de um sistema de logística e transformação dos resíduos do milho para Região da Kissomeira

Levando em consideração as características da região, o potencial de geração de resíduos e as necessidades em biomassa de uma plataforma de conversão energética, apresenta-se o esboço de um sistema de logística ideal para satisfazer estas exigências. A metodologia seguida foi a pesquisa, via internet, de um esquema de logística compatível às especificidades da região e da oferta de equipamentos pelo mercado.

Metodologia idêntica é seguida para a selecção da plataforma ideal para a conversão da biomassa gerada na região em energia eléctrica.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apresentam-se os resultados obtidos, segundo a metodologia descrita no capítulo anterior, na mesma ordem de abordagem dos assuntos.

6.1 Resultados da sondagem

Tendo por principal critério de classificação a extensão das propriedades, foram identificados, na sondagem preliminar, três estratos de explorações agrícolas familiares na área do estudo, nomeadamente: um universo constituído por 1 039 EAF, que se pode considerar como sendo o estrato mais baixo, cujas propriedades variam de 1 a 2 hectares de terra; um universo de 2 752 EAF, aqui considerado como sendo o estrato médio, cujas dimensões de terras possuídas variam de 2 a 5 hectares; um estrato mais alto, constituído por 211 EAF, cujas propriedades têm superfícies acima de 5 hectares.

Os resultados da sondagem preliminar, que serviram de base para a estratificação das EAF, estão sintetizados na tabela 6.1.

Tabela 6.1 – Estratificação das EAF na região da Kissomeira.

Estrato Diagnosticado	Extensão Média da EAF	Frequência	%	
			No estrato	Na Região
1º Estrato	1-2 há	1 039	100	25,96
2º Estrato	2 – 5 há	2 752	100	68,77
3º Estrato	≥ 5 há	211	100	5,27

6.2 Tamanho da amostra dos estratos identificados

Para o dimensionamento das amostras representativas dos estratos, tendo em vista a realização de um inquérito, é imperativo conhecer-se não só o tamanho da população como também é imprescindível definir-se o nível de confiança pretendido, a margem de erro admissível e o desvio padrão achado conveniente para o estudo em apreço. Para os estratos

considerados, tendo por critério a superfície da propriedade, o universo de EAF em cada estrato é o representado na Fig. 6.1, respectivamente: 1 039 EAF para o estrato mais baixo; 2 752 EAF para o estrato médio; 211 EAF para o estrato mais alto, Fig. 6.1.

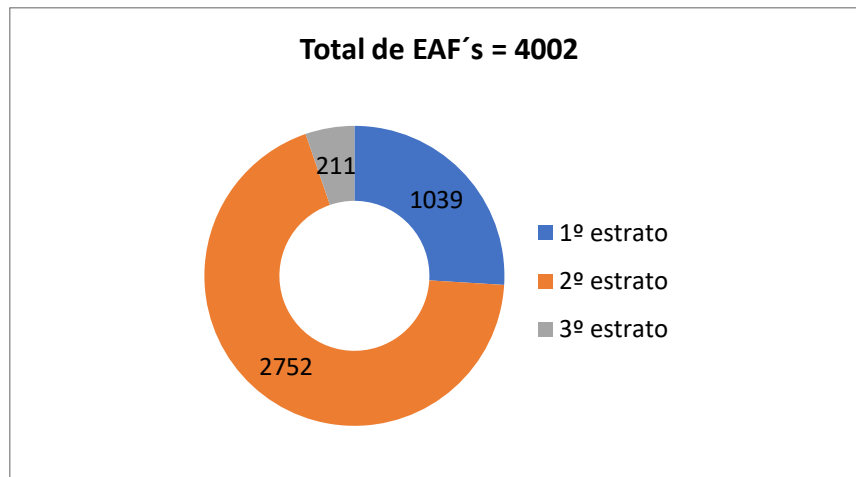


Figura 6.1 - Distribuição das explorações agrícolas familiares (EAF) pelos estratos na Região da Kissomeira

Nesta conformidade, os elementos presentes para aplicação da fórmula, que conduz ao dimensionamento das amostras, são os seguintes:

- N (global) = 4 002
- N (1º estrato) = 1 039
- N (2º estrato) = 2 752
- N (3º estrato) = 211
- n = tamanho da amostra
- Z = escore Z = (1,96)
- e = 5%
- p = 50%

A substituição dos valores, correspondentes a cada estrato, na fórmula 6 processou-se como se segue:

1º Estrato:

$$n = \frac{\frac{1,96^2 \times 0,5 (1-0,5)}{0,05^2}}{1 + \left[\frac{1,96^2 \times 0,5 (1-0,5)}{0,05^2 \times 1039} \right]}$$

2º Estrato:

$$n = \frac{\frac{1,96^2 \times 0,5 (1-0,5)}{0,05^2}}{1 + \left[\frac{1,96^2 \times 0,5 (1-0,5)}{0,05^2 \times 2752} \right]}$$

3º Estrato:

$$n = \frac{\frac{1,96^2 \times 0,5 (1-0,5)}{0,05^2}}{1 + \left[\frac{1,96^2 \times 0,5 (1-0,5)}{0,05^2 \times 211} \right]}$$

O tamanho da amostra por estrato, definido segundo o procedimento referido acima, ditou respectivamente:

- 1º estrato: 127 EAF (25,91% da amostra total);
- 2º estrato: 337 EAF (68,78% da amostra total);
- 3º estrato: 26 EAF (5,31% da amostra total).

Em resumo, do universo geral, foram diagnosticadas 490 EAF que correspondem a 12,24% do global de EAF da comunidade, estratificada conforme representado na Figura 6.2.

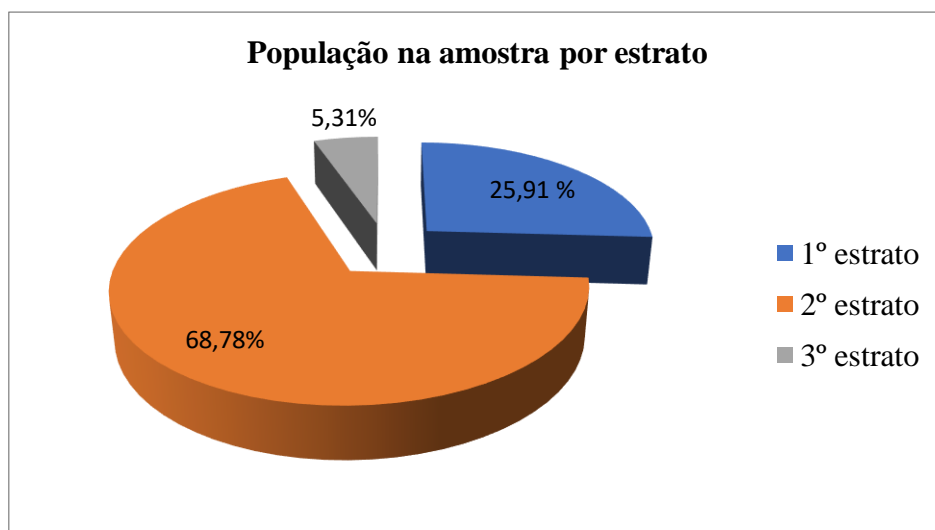


Figura 6.2 - Representação dos estratos da população na amostra

6.3 Caracterização dos agricultores da região

As entrevistas aos chefes das EAF, dos três estratos diagnosticados na comunidade, permitiram saber que, de forma geral, os indicadores de produção por época agrícola são bastante diferenciados, sendo os da 1ª época nitidamente inferiores por serem influenciados pela cíclica ocorrência de períodos de estiagem, de duração variável, no período de maior

exigência hídrica da cultura do milho. Os indicadores de produção relativos a 1ª época agrícola, estimam-se em torno de metade, ou pouco mais, comparativamente à 2ª época.

A par da ocorrência da estiagem, os respondentes referem que a cultura é frequentemente atacada por pragas no decurso da 1ª época agrícola, principalmente pela lagarta invasora (*Spodoptera exempta*), havendo também histórico de ocorrência de outras espécies, com destaque para a broca do colmo (*Busseola fusca*). Esta ocorrência de pragas é causada pela recorrente utilização de grão-semente pela maioria dos agricultores, a ausência de tratamento fitossanitário e a não observância de práticas agrícolas que possam romper com o ciclo biológico das pragas, como as rotações de culturas e os pousios. Por outro lado, a utilização de sementes híbridas, introduzidas pelos serviços de extensão, não tem tido boa receptibilidade por parte dos agricultores, principalmente pelos do estrato social mais baixo, pelo facto de não serem “reutilizáveis”, o que impõe, a cada sementeira, a necessidade de recorrer-se ao mercado para aquisição de novas sementes, quando, na sua prática ancestral, de cada colheita é possível retirar uma porção de grão que é reservada para a sementeira subsequente.

Há um incipiente emprego de meios mecanizados nos trabalhos agrícolas. Se o tractor é vulgar nos campos dos fazendeiros ou proprietários de extensas superfícies (estrato alto), ainda rareia no intermédio, enquanto que nos campos dos agricultores do estrato inferior, as principais operações agrícolas, desde a sementeira até a colheita, são realizadas de forma manual.

A mão de obra, sazonalmente contratada, tem presença frequente nos campos dos estratos intermédio e superior, principalmente nos momentos de ponta (sementeira, sacha e colheita).

No estrato inferior, cerca de 50-75% da produção de cada safra é destinada ao consumo doméstico e o remanescente é destinado a comercialização para obtenção de dinheiro destinado a cobrir parte das outras necessidades da família. Neste extrato, em mais de 70% das propriedades, os resíduos das colheitas são incinerados para facilitar os trabalhos da sementeira posterior e para diminuir a incidência das pragas.

No estrato superior e em grande parte do intermédio, é comum a incorporação dos resíduos da cultura anterior ao solo para reciclagem dos nutrientes *versus* incineração.

De forma transversal aos três estratos diagnosticados, os campos de milho são explorados em regime de sequeiro. É frequente, na 1ª época agrícola, a cultura do milho murchar ou perder-se totalmente devido ao prolongado tempo de estiagem após as sementeiras, pelo que, para os fins do presente estudo, não se levou em consideração os indicadores de produção de resíduos relativos à 1ª época agrícola, que decorre de Outubro a Dezembro, pelo elevado grau de imprevisibilidade que encerra. Apenas foi considerada como profícua, para produção de biomassa destinada a conversão energética, a 2ª época agrícola.

Não obstante ser considerada como cultura secundária, encontra-se em expansão, principalmente nas parcelas dos estratos intermédio e superior, a cultura do tomate. Motivados pelas rendas que proporciona às famílias, esta cultura tem o privilégio de ser irrigada com água transportada por camiões cisterna ou por veículos motorizados providos de três rodas. Ocasionalmente, o seu cultivo resulta em autêntico sorvedouro de recursos financeiros devido a excessiva oferta deste produto que se regista no período de colheita e consequente saturação do principal mercado do país, o da cidade capital, e pela ausência de indústrias transformadoras.

Os produtores, do estrato inferior e do intermédio, recorrem às moageiras locais para transformação do milho em farinha destinada ao seu consumo ou para a venda, a par da venda de milho verde ou do grão seco, enquanto que, para o estrato mais alto, o interesse da produção recai, quase que totalmente, para a venda do grão seco. O preço de venda do grão ronda KZ 100,00/kg, cerca de 0,21 €/kg. O milho é moído por via seca ou húmida e quando se opta por esta, após o seu descasque e permanência em molho por um período que pode ter duração de um dia, é submetido a secagem pela exposição ao sol em terreiro, condição que vem engrossar o leque de perdas pós-colheita e pôr em risco a salubridade do produto.

Existe uma grande expectativa para um hipotético mercado de resíduos, principalmente no seio dos integrantes dos estratos mais desfavorecidos, estando a ser encarado como importante meio para a melhoria da renda familiar.

As carências de energia eléctrica e de água são transversais aos três estratos diagnosticados. Todavia, pelo facto dos integrantes do estrato mais alto terem vivência efémera na aldeia, inclusive nos momentos de ponta dos trabalhos agrícolas, porque delegam as suas tarefas a terceiros, estas carências não impactam de forma significativa no seu padrão de vida.

Os dados atrás referenciados conduzem à caracterização estratificada dos produtores da região nos seguintes termos:

No 1º estrato encontram-se explorações agrícolas cujos detentores são menos privilegiados do ponto de vista social, sem outras fontes de renda para além da actividade agrícola e, de forma geral, não se encontram inscritos na cooperativa de produtores. As características genéricas destas Explorações Agrícolas Familiares (EAF) são:

- Não incorporam os resíduos das culturas ao solo;
- É usual a incineração dos resíduos após a colheita;
- É quase nula a aplicação de meios tecnológicos;
- As rendas das EAF não cobrem as necessidades dos respectivos agregados familiares;
- Nos períodos de maior procura de mão de obra na região (por alturas das sementeiras, sachas e colheitas), vendem a sua força de trabalho aos integrantes de outros estratos sociais.

No 2º estrato encontram-se as explorações agrícolas cujas famílias proprietárias estão inscritas na cooperativa de produtores. Constituem mais de metade das explorações existentes na região. Caracterizam-se pelos seguintes aspectos:

- Fazem uso de alguns meios mecanizados, como tractores na preparação das terras;
- Abstêm-se, na generalidade, da queima dos resíduos das culturas. Todavia, sempre que o restolho da cultura anterior tiver um elevado grau de mistura com a vegetação espontânea e torne difícil a limpeza dos campos ou a sementeira directa, optam pela sua incineração;
- Recorrem à sementeira directa na 2ª época;
- Sazonalmente utilizam força de trabalho assalariada;
- As EAF obtêm alguns excedentes de produção comercializáveis.

No 3º estrato encontram-se explorações agrícolas cujos proprietários, regra geral, não residem na região. Maioritariamente são assalariados do funcionalismo público ou trabalhadores por conta de outrem ou mesmo por conta própria. As suas explorações agrícolas são caracterizadas por:

- Fazer uso de alguns meios tecnológicos;
- Utilizar mão-de-obra assalariada em todas as operações culturais sazonais ou permanentes;

- A maioria de EAF não incinera o restolho da cultura, optando pela sua incorporação ao solo através de uma gradagem;
- Possuem outras fontes de renda, tendo a actividade agrícola um papel complementar;
- A gestão das explorações está quase sempre à cargo de pessoas externas ao agregado familiar;
- Maioritariamente não são membros da cooperativa de produtores locais.

6.4 Indicadores de produção

6.4.1 Superfícies cultivadas

A área total trabalhada em cada estrato foi calculada recorrendo-se à fórmula 10. Substituindo os valores correspondentes para cada estrato resultou, respectivamente:

Para o 1º estrato:

Área total trabalhada = 1,8 ha x 1 039 EAF = 1 870,2 ha

Para o 2º estrato:

Área total trabalhada = 3,97 ha x 2 752 EAF = 10 925 ha

Para o 3º estrato:

Área total trabalhada = 8,2 ha x 211EAF = 1 730,2 ha

Área total da região

Pela aplicação da fórmula 11 obteve-se:

Área total trabalhada na região = 14 525,4 ha

6.4.2 Quantidade de resíduos produzidos

A extrapolação dos indicadores médios (relativos aos resíduos) dos quadrados de densidade da amostra para as superfícies totais trabalhadas em cada estrato, é feita em conformidade com fórmula 8:

Entrando na fórmula atrás citada com os valores correspondentes a cada uma das fracções de resíduos, recolhidos nos quadrados de densidade, e com o valor da superfície total cultivada, obtem-se, por estrato, os resultados conforme se descreve:

1º Estrato (estrato mais baixo) – Existem neste estrato 1 039 EAF e a área média trabalhada é de 1,8 ha, totalizando 1 870 ha. Os indicadores médios encontrados nos quadrados de densidade são, respectivamente:

Fracção sabugo - 955 g/ 50 m²

Fracção colmos – 3 249 g/50 m²

Fracção folhas – 3 604 g/50 m²

Fracção Palha (camisas das espigas) – 1 433 g/50 m²

A aplicação da fórmula acima, conduziu a obtenção dos seguintes resultados:

Fracção sabugo – 357 208 200 g = 357 t

Fracção colmos – 1 215 255 960 g = 1 215 t

Fracção folhas – 1 348 040 160 g = 1 348 t

Fracção palha (camisas das espigas) – 535 942 000 g = 536 t

Sub-Total – 3 457 t.

2º estrato (estrato médio) - Os indicadores médios encontrados nos quadrados de densidade são:

Fracção sabugo - 973 g/50 m²

Fracção colmos – 3 250/50 m²

Fracção folhas – 3 514/50 m²

Fracção palha (camisas das espigas) – 1 457/50 m²

Neste estrato, conforme diagnosticado na sondagem, existem 2 752 EAF. A média das superfícies trabalhadas é de 3,97 ha. Com base nestes dados, procede-se ao cálculo da área total trabalhada pelos agricultores inseridos neste estrato que é igual a 10 925 ha o que proporciona a obtenção dos seguintes indicadores relativos aos resíduos:

Fracção sabugo – 2 126 090 624 g = 2 126 t

Fracção colmos – 7 101 536 000 g = 7 102 t

Fracção folhas – 7 678 399 232 g = 7 678,4 t

Fracção palha (camisas das espigas) – 3 183 673 216 g = 3 183,7 t

Sub-Total – 20 089,6 t.

3º Estrato (estrato mais alto) – Os dados obtidos nos quadrados de densidade são os seguintes:

Fracção sabugo – 1 062 g/50 m²;

Fracção colmos – 3 864 g/50 m²;

Fracção folhas – 3 987 g/50 m²;

Fracção palha (camisas das espigas) – 1 837 g/50 m²

Considerando que o número de EAF diagnosticado no levantamento de base é igual a 211 e a área média trabalhada, ao nível do estrato, corresponde a 8,2 ha, substituindo os valores na fórmula atrás referida, tem-se que:

Área total trabalhada = 8,2 ha x 211 EAF = 1 730,2 ha

o que implica que a quantidade de resíduos obtida neste estrato de produtores, seja respectivamente:

Fracção sabugo – 367 494 480 g = 367,5 t

Fracção colmos – 1 337 098 560 g = 1 337 t

Fracção folhas – 1 379 661 480 g = 1 379,7 t

Fracção palha (camisas das espigas) – 635 675 480 g = 635,7 t

Sub-Total de resíduos – 3 719,9 t = 3 720 t

A aplicação da fórmula 11, relativa ao cálculo do valor total dos parâmetros, conduziu a obtenção de 27 266 toneladas, das quais 2 851 toneladas são constituídas por sabugo. Esta é a quantidade de biomassa, constituída por resíduos da cultura de milho, produzida na região da Kissomeira, na 2ª época do ano agrícola 2018/2019.

A produtividade de grão, média nos três estratos da região, foi calculada em 2 266 Kg por hectare.

A Tabela 6.2 **Erro! A origem da referência não foi encontrada.** e a Figura 6.3 sintetizam os resultados encontrados nas medições objectivas dos campos.

Tabela 6.2 - Resumo das quantidades de resíduos produzidos na Kissomeira na 2ª época 2018/2019

Designação da fracção do resíduo	Quantidade por estrato de produtores (t)			
	1º estrato	2º estrato	3º estrato	Total
Sabugo	357,2	2 126	367,5	2 850,7
Colmos	1 215,26	7 101,5	1 337	9 653,76
Folhas	1 348	7 678,4	1 379,7	10 406,1
Palha	536	3 183,7	635,7	4 355,4
Total	3 456,46	20 089,6	3 719,9	27 265,96

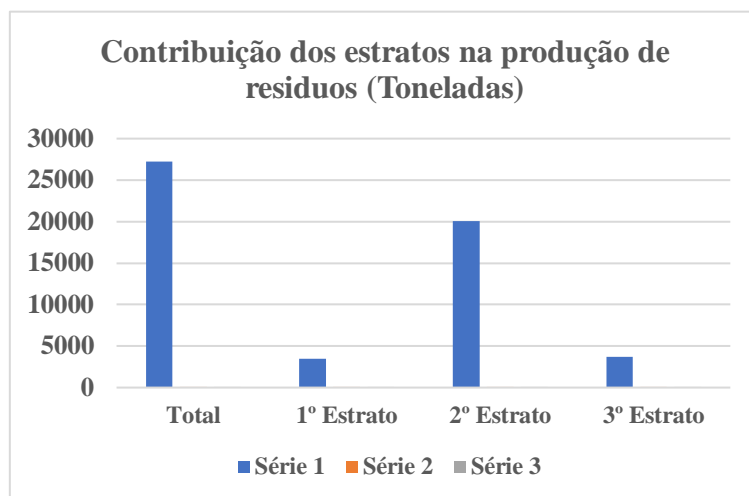


Figura 6.3 - Contribuição dos estratos na produção total de resíduos de milho

Uma análise aos resultados encontrados leva a concluir que a fracção que confere maior peso aos resíduos é a constituída pelas folhas, representando 38,16% do total, seguida pelos colmos com 35,4%, pela palha com 15,97% e finalmente pelo sabugo com 10,46%, conforme representado na Fig. 6.4.

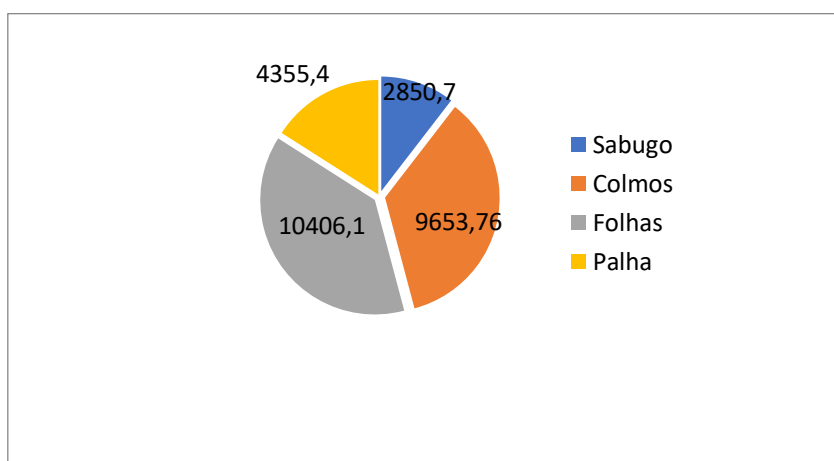


Figura 6.4 - Pesos comparativos das diversas fracções de resíduos da cultura do milho na Kissomeira

6.5 Potencial eléctrico dos resíduos disponíveis e necessidades de consumo da região

A aplicação das fórmulas enunciadas na metodologia conduziu a obtenção de resultados como se segue:

6.5.1 Quantidade de resíduos disponíveis

Para este cálculo utilizou-se a Fórmula 12. Após substituição dos valores correspondentes obteve-se:

$$AA = 27\,266 \text{ t} \times 0,6$$

$$AA = 16\,360 \text{ t}$$

Deduzindo do valor acima o correspondente ao teor de humidade, expresso em percentagem conforme a Fórmula 13, obteve-se o valor correspondente a quantidade final de biomassa seca que é possível empregar na produção energética na região do estudo.

$$DA = 16\,360 \text{ t} - (16\,360 \text{ t} \times 15\%)$$

ou

$$DA = 16\,360 \text{ t} \times 0,85$$

$$DA = 13\,906 \text{ t}.$$

6.5.2 Potencial energético dos resíduos da região

A fórmula que permite converter a energia térmica em energia eléctrica é a Fórmula 14, segundo a qual:

$$1 \text{ kWh} = 3\,600 \text{ kJ}$$

Por seu lado a aplicação da Fórmula 15 permitiu determinar que o PCI dos resíduos do milho é equivalente a 17 690 kJ/kg, resultante da equação:

$$PCI = \frac{4\,227 \text{ Kcal}}{1 \text{ Kg}} \times 4,185 \text{ kJ} = 17\,689,99 \text{ kJ/kg} \approx 17\,690 \text{ kJ/kg}$$

Isto equivale dizer que as 13 906 toneladas de resíduos secos de milho que a região da Kissomeira pode disponibilizar na 2ª época agrícola, encerram em si cerca de 245 997 140 000 kJ, resultantes da aplicação da Fórmula 16, como se demonstra:

$$\text{Energia Térmica Total} = \frac{17\,690 \text{ kJ}}{1 \text{ kg}} \times 13\,906\,000 \text{ kg}$$

$$\text{Energia Térmica Total} = 245\,997\,140\,000 \text{ kJ}$$

Com o valor assim determinado e aplicando de seguida a Fórmula 14, determinou-se a quantidade de energia eléctrica, em kWh, possível de ser gerada com esta quantidade de energia térmica. O resultado indica que é possível gerar, teoricamente, cerca de 68 333 MWh de energia, como se demonstra ao aplicar a proporção directa:

$$\begin{aligned} 1 \text{ kWh} &- 3\,600 \text{ kJ} \\ \text{kWh (Total)} &- 245\,997\,140\,000 \text{ kJ} \end{aligned}$$

Logo:

$$\text{kWh (Total)} = \frac{245\,997\,140\,000 \text{ kJ} \times 1 \text{ kWh}}{3\,600 \text{ kJ}}$$

$$\text{kWh (Total)} = 68\,332\,538,88 \text{ kWh} \approx 68\,333 \text{ MWh}$$

Considerando que a eficiência de conversão num processo por combustão em geração simples, é de 18 a 20% (Martins, 2004) é expectável que se obtenham na área do estudo, quando aplicada esta tecnologia de conversão, na pior das hipóteses, cerca de 12 230 MWh a 13 667 MWh. Este valor pode, se a geração de electricidade for simultânea a do calor (vapor), ascender a valores superiores em dependência da eficiência do processo de cogeração.

6.5.3 Necessidades de consumo da região

A carga eléctrica total da região é atribuída a quatro segmentos: A carga domiciliar; a carga das unidades de processamento do milho; a carga das bombas de sucção de água; a reserva. No tocante a carga domiciliar, tendo em conta que cada domicílio necessita, em ponta máxima, de aproximadamente 1,3 kVA, é expectável que a potência total requerida na região, neste segmento, seja de 910 kVA, que resulta de:

$$1,3 \text{ kVA} \times 700 \text{ residências} = 910 \text{ kVA}$$

Quanto a carga necessária para alimentar o sistema de sucção da água, se por hipótese, cada bomba tiver uma potência nominal de 1,5 kW, estima-se um total de 7,5 kVA, resultantes da aplicação da Fórmula 18 como se demonstra:

$$\text{kVA} = \frac{4 \times 1,5 \text{ kW}}{0,8} = 7,5 \text{ kVA}$$

No tocante a carga a atribuir às unidades de processamento do milho, as três novas unidades de 20 kVA cada, perfazem um consumo total de 60 kVA.

O cálculo da reserva a estabelecer foi feito na base de 30% da carga total esperada, assim demonstrado:

$$\text{Carga total sem reserva} = 910 \text{ kVA} + 60 \text{ kVA} + 7,5 \text{ kVA} = 977,5 \text{ kVA}$$

$$\text{Reserva} = \text{Carga total s/reserva} \times 0,3 = 293 \text{ kVA}$$

Com base nos resultados encontrados foi possível calcular a carga total da região, como se demonstra:

$$\text{Carga Total} = \text{Carga total s/reserva} + \text{reserva}$$

$$\text{Carga Total} = 977,5 \text{ kVA} + 293 \text{ kVA}$$

$$\text{Carga Total} = 1\,271 \text{ kVA.}$$

A grelha de distribuição das cargas previstas é a ilustrada na Figura 6.5.

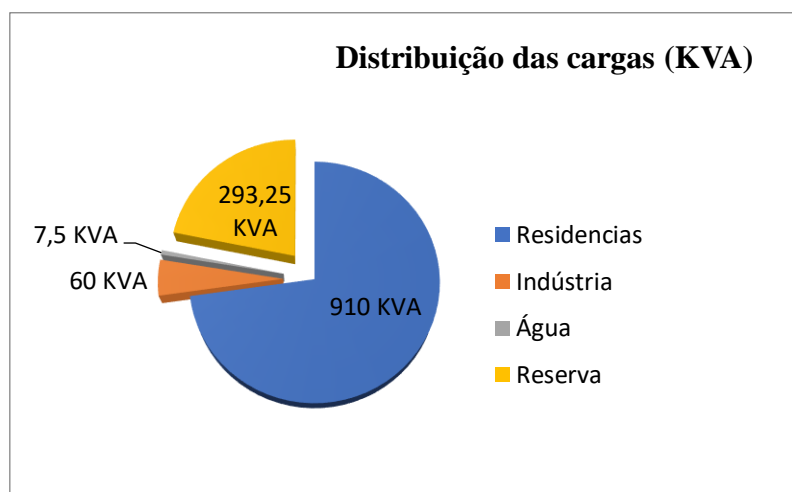


Figura 6.5 - Previsão de distribuição das cargas pelas diferentes parcelas de consumo

Entrando na Fórmula 18, segundo Costa (2019), com o valor total assim encontrado, converteu-se a potência aparente (kVA) em potência activa (kW) da região:

$$\text{Cos } \varphi = \frac{\text{kW}}{\text{kVA}}$$

$$\text{kW} = 1\,271 \text{ kVA} \times 0,92$$

$$\text{kW} = 1\,169,32 \text{ kW} \approx 1\,170 \text{ kW}.$$

Este valor leva a concluir que, diariamente, sejam necessários para a comunidade da Kissomeira, em regime contínuo, cerca de 28 080 kWh de energia eléctrica, o que corresponde a um consumo anual de 10 249 200 kWh ou seja, 10 249 MWh.

6.6 Balanço energético da região

Como demonstrado, os resíduos secos da produção da 2ª época agrícola na região da Kissomeira podem proporcionar, teoricamente a geração de 68 333 MWh. Entretanto, sabe-se que a eficiência de conversão por ciclo a vapor sem co-geração (calor e electricidade) situa-se entre 18 e 20%. No caso em apreço, este factor limitante induziria a uma redução do potencial de geração para 12 360 MWh a 13 667 MWh.

Em contrapartida, as necessidades energéticas locais estão calculadas em 10 249 MWh anuais.

Estabelecendo uma correlação entre os indicadores conclui-se, a priori, que o potencial suplanta as necessidades locais, no mínimo, em cerca de 21%, isto sem considerar a quantidade de biomassa possível de ser recolhida na 1ª época.

6.7 Discussão

6.7.1 Pressupostos

Ao longo do texto foram apontados alguns factores críticos e a necessidade de observância de determinadas condições “sine qua non” para que o processo de produção de energia eléctrica, a partir dos resíduos da cultura de milho na região da Kissomeira, seja considerado exequível. Os principais destes pressupostos são, nomeadamente:

- A existência de uma quantidade suficiente de resíduos de milho, capaz de suportar, ininterruptamente, o consumo de uma plataforma de conversão ao longo do ano;
- A eficiência de um sistema de transporte primário de resíduos, consubstanciada na distância entre os pontos de produção e o de concentração da biomassa;
- A eficiência do transporte secundário, consubstanciada na distância entre o ponto de concentração da biomassa e a plataforma de conversão. Este segmento na transportação pode representar cerca de 16 a 23% do custo total da matéria-prima, para uma distância média de 26,4 km, (Guilhermino, 2014);
- A existência de resíduos com baixo teor de humidade, que se recomenda inferior a 20%, sob pena de afectar negativamente o rendimento do conversor. O alcance deste desiderato obriga a observância de um período de exposição dos resíduos ao sol para a sua secagem ou, na mais onerosa das opções, o uso de mecanismos artificiais de secagem. Nesta ordem de ideias também deve-se evitar a exposição da biomassa às chuvas depois do enfardamento, sendo para tal necessário o seu acondicionamento;
- Uma correcta opção tecnológica, consubstanciada na escolha de equipamentos adequados;
- O impacto ambiental do projecto, pois segundo Otchere-Appiah (2014), em projectos desta natureza em que se utilizam os resíduos das culturas, deve-se recolher somente 60% da biomassa existente sendo a restante destinada aos usos concorrentes. O mais importante destes usos é a incorporação da biomassa ao solo para enriquecimento do teor de matéria orgânica, tendo em vista a reciclagem dos nutrientes e preservação de suas características físicas, químicas e biológicas (Pinto, 2008).

Na prática, a aplicação deste princípio levanta um problema: como limitar ou controlar a recolha de apenas 60% da biomassa disponível?

Apontam-se algumas estratégias que se afiguram exequíveis:

- i. A primeira consiste em recolher, de forma intercalada, após o enleiramento, três filas de cada grupo de cinco, ou seja, recolhem-se três filas seguidas de um intervalo de duas;
- ii. A segunda consiste em acordar, com cada agricultor, sobre a necessidade de delimitação das suas parcelas que correspondam àquela percentagem definida (60%) e que deverão ser objecto de recolha;

- iii. A terceira consiste em evitar que o sabugo seja empregue no processo de conversão bioenergética. O peso do sabugo corresponde, em média, nos três estratos de agricultores considerados no estudo, a 10-11% do peso total de resíduos da cultura do milho da região. Ora, quando a colheita do grão é manual, são arrancadas as espigas completas e levadas para um terreiro, dentro ou fora da parcela, para se proceder à debulha, conforme ilustrado na Figura 6.6. Em dependência do nível de conhecimentos em boas práticas agrícolas por parte do agricultor e principalmente das suas capacidades financeiras para o pagamento dos encargos com a transportação e deposição nas parcelas, o sabugo resultante do processo de debulha pode ou não ser retornado para as parcelas. Para obstar desta prática dever-se-á acordar com o agricultor, que faz colheita de forma manual, no sentido de, após o processo de debulha, retornar parte ou a totalidade de sabugo para as parcelas com o objectivo de incorporá-lo ao solo. A prática acarreta encargos que certamente o agricultor não quererá assumir, pelo que a estratégia deverá ser acoplada a uma outra que resida na firmiação de um contrato entre o agricultor e a empresa interessada na aquisição dos resíduos para a cobertura cabal ou de parte dos encargos resultantes desta prática.



Figura 6.6 - Ilustração da debulha do milho na Kissomeira

- iv. A quarta estratégia consiste em equipar cada brigada de recolha de resíduos com equipamentos capazes de efectuar o corte até a um nível (altura) desejado, retirando apenas a parte superior dos colmos, deixando no campo a parte inferior que será incorporada na lavoura subsequente.

- O factor económico: mensurável, numa primeira instância, pela viabilidade do processo de conversão pois, segundo Otchere-Appiah et al. (2014), a energia eléctrica proveniente de um processo de conversão, que se baseie na combustão directa, só é viável se produzir pelo menos 1 MW; em segunda instância, pela delicadeza do processo logístico, consubstanciado na necessidade de se recolher resíduos que normalmente se encontram dispersos pelas parcelas de cultivo e parte (sabugo) fora delas o que, de certa forma, eleva os custos; em terceira instância pelo custo de instalação porque, em localidades isoladas, um dos óbices é o preço de instalação de uma central a biomassa, a qual é 2,5 vezes mais cara que a de uma usina a diesel, (Rendeiro e Nogueira, 2008).
- A eficiência de conversão energética que depende da tecnologia aplicada (gaseificação, combustão por ciclo a vapor, etc).
- O impacto social do projecto porque, segundo Freitas (2016), o uso da biomassa como energético tem-se mostrado como grande factor de geração de empregos nos países onde já foram implementadas políticas para o sector. Independentemente dos empregos directos que um projecto de conversão da biomassa residual do milho pode gerar para a comunidade, também são criados empregos indirectos com o surgimento de pequenas unidades industriais de processamento e transformação de cereais, oficinas de electricidade, serralharia e carpintaria, pequenas unidades de pré-processamento da biomassa (conversão em briquetes, peletes ou fardos) e o arrendamento de viaturas para a transportação da biomassa e impulsionar o surgimento de brigadas de mecanização agrícola. Além disto, não obstante a exiguidade, pode trazer acréscimos nas rendas dos agricultores, resultantes da venda dos próprios resíduos da cultura.

A análise destes pressupostos, tanto os mencionados na bibliografia, quanto nas demais considerações feitas ao longo do texto, conduzem às seguintes ilações, relativamente a região da Kissomeira:

- a) Relativamente às quantidades de resíduos de milho disponibilizadas na região, ficou provado que, teoricamente, existe potencial para produzir biomassa em quantidade suficiente para alimentar uma plataforma de conversão de energia eléctrica, de forma descentralizada, com capacidade para suprir as necessidades energéticas da comunidade. A disseminação e a replicação de boas práticas agrícolas como o parcelamento das propriedades para a implementação de rotações de culturas e

observância de pousios, a incorporação de resíduos da cultura *versus* queima a céu aberto e a introdução de variedades mais resistentes às pragas e ao stress hídrico afiguram-se como imprescindíveis no sentido da melhoria dos indicadores de produção. Ademais, ficou demonstrado que os resíduos produzidos na época de maior destaque do ano agrícola (2ª época), com o surgimento de equipamentos que melhorem a actual eficiência de conversão energética, podem cobrir as necessidades energéticas da comunidade, de forma rotineira, sem retirar a possibilidade de destinar resíduos para os usos concorrentes;

- b) O aspecto mais delicado para a implementação de um sistema de conversão energética, à base de biomassa de resíduos de milho, é a cadeia logística que deverá ser o mais eficiente possível. Considerando que, na área do estudo, as distâncias a percorrer, desde os pontos de recolha da biomassa até a plataforma de conversão, são inferiores a 26 km, este custo, deste ponto de vista, poderá ser aceitável. Ademais, a topografia do terreno da região é relativamente plana, sem declives acentuados ou outros obstáculos, o que facilita a circulação de viaturas e máquinas agrícolas em tempo de estiagem, ocasiões em que se recomenda a realização das colheitas dos resíduos;
- c) As necessidades energéticas da região do estudo ultrapassam a fasquia de 1 MW, mencionada como limite mínimo necessário para que um processo de conversão energética a combustão por ciclo a vapor, seja eficiente. No caso em apreço, mesmo sem considerar, no futuro, o uso de energia eléctrica para um sistema de captação de água mais potente a partir do rio Bengo ou para a iluminação pública, a satisfação das necessidades energéticas actuais exigem a implantação de um gerador com capacidade superior ao valor mínimo apontado, perfeitamente ao alcance da capacidade local de fornecimento de biomassa. Desta feita, considera-se como satisfeito o pressuposto relativo a opção tecnológica com repercussão na viabilidade económica;
- d) Relativamente ao teor de humidade da biomassa, o pressuposto para o funcionamento da plataforma de conversão, dentro dos padrões de eficiência aceitáveis, aponta para valores abaixo de 20%. A Kissomeira, como já referido, situa-se numa região semi-árida, por conseguinte de baixas precipitações. À data de colecta, o teor de humidade média dos resíduos varia de 15 a 20%, o suficiente para dispensar qualquer operação de secagem artificial como ilustrado no Apêndice IV. Para obstar dos inconvenientes

que possam surgir com a deterioração do material armazenado, este pode ser feito sob lonas ou sob telheiros valendo-se do facto do material prensado ser pouco permeável. Neste quesito, pode-se dar por satisfeito o pressuposto relativo ao teor de humidade do material no momento da sua utilização no conversor;

- e) Foi referida no texto, a inviabilidade de bombagem de água, por enquanto, a partir do rio ou lago pelo facto destes se encontrarem a distâncias superiores a 8 Km pois que, para se atenuarem as prováveis perdas de tensão no transporte da energia, implicaria fazê-lo em alta tensão e a imprescindível instalação de um posto de transformação, o que oneraria ainda mais o investimento. Por este facto, foi referida a necessidade de instalação de um sistema de abastecimento de água ao conversor, podendo sê-lo através do acoplamento de um pequeno sistema de captação de água subterrânea, constituído por bombas submersíveis e tanques elevados (com controle de nível por boia eléctrica) e destes, por gravidade, pode ser abastecida a caldeira que produz vapor para o gerador e os pontos de abastecimento para a população.
- f) Relativamente ao impacto ambiental, foi referido que o aproveitamento dos resíduos da cultura do milho para a produção de energia eléctrica visa, em primeiro lugar, inibir a sua incineração, conferindo outra utilidade aos mesmos. Segundo Rendeiro e Nogueira (2008), uma central a biomassa possui balanço de carbono lançado na atmosfera muito menor que o das centrais a combustíveis fósseis, pois somente o carbono lançado, devido ao transporte da biomassa, que é feito com óleo diesel, é adicionado a atmosfera. O restante é recirculado durante a produção da biomassa, pois a biomassa vegetal é um combustível renovável. Ademais, nos cálculos das disponibilidades de biomassa houve o cuidado de reservarem-se 40% dos resíduos gerados para os efeitos de preservação ambiental, nomeadamente a preservação contra a erosão do solo, a manutenção dos níveis de fertilidade e do ecossistema.

Outro factor é que a escória que resulta do processo de conversão energética da biomassa, e que não deve ser descurada, são as cinzas que, se retornadas para as parcelas de cultivo, podem desempenhar um papel importante no processo de devolução de nutrientes para os solos devido a sua riqueza em macronutrientes, exceptuando o azoto e o enxofre que se perdem pelo calor (Agronegocio,2020). As cinzas das caldeiras de biomassa são excelentes recursos para a agricultura, uma vez que não apresentam poluentes ou contaminantes exóticos, resultando da simples queima de madeira, tão puras como as cinzas da nossa lareira, e tão variáveis como

a natureza da própria madeira (Agronegócios, 2020). E são recursos normalmente muito económicos, chegando a pagar-se apenas o custo de recolha e transporte e não do produto (Agronegocio, 2020). O pior que pode acontecer é se não houver o cuidado de as retirar do ponto de produção e passarem a constituir um elemento de poluição ambiental.

Está, desta forma, assegurada a questão relativa às salvaguardas ambientais;

- g) Quanto a viabilidade económica, encontram-se satisfeitas duas das principais premissas apontadas na bibliografia, nomeadamente no tocante a conjugação entre a potência mínima necessária, a carga total prevista e o potencial energético existente e no tocante às distâncias de transportação da biomassa. Todavia, a mais que referida dispersão dos resíduos da cultura do milho pelos campos e a baixa produtividade por unidade de área, constatada na região, e os encargos atinentes a evacuação das cinzas são factores de incremento dos custos de exploração.

6.7.2 Proposta de planeamento de um sistema de logística e transformação de resíduos de milho para a região da Kissomeira

Uma cadeia de aprovisionamento de biomassa envolve um conjunto de etapas que devem ser criteriosamente planeadas de modo a se ter a máxima eficiência. Em relação ao milho cujos resíduos se encontram espalhados pelas parcelas de cultivo após a colheita do grão, Freitas (2016), afirma que essa cultura pode ganhar uma maior importância com o decorrer dos anos, tendo em conta que o grande volume de produção mundial da mesma tem incentivado pesquisas em busca do desenvolvimento de sistemas de colheitas prevendo a recuperação dos resíduos. O inconveniente com a recolha dos resíduos não se põe quando o milho se destina ao consumo em fresco ou enlatado porque aqui o sabugo e a palha estão concentrados num mesmo local e facilmente podem ser transportados para uma plataforma de conversão de energia eléctrica.

Segundo Pinto (2008), para fins práticos, a colheita de biomassa numa região deve ocorrer simultaneamente. Existe um período de 2 meses para a recolha e o acondicionamento da biomassa residual de toda a produção, para que não perca as suas características. Na área do estudo a maioria dos agricultores pertence aos estratos sociais que produzem essencialmente para a subsistência e por esta razão estão desprovidos de capacidades de uso de equipamentos mecanizados para a colheita do grão. Independentemente que as operações de lavoura

tenham sido ou não realizadas com equipamentos mecanizados, a colheita do grão é geralmente manual retirando-se somente as espigas. Os colmos, as folhas e a palha das espigas permanecem nas parcelas, em pé ou prostradas. Por este facto, a primeira operação a realizar na cadeia logística deverá ser o enleiramento por formas a permitir a disposição dos resíduos em carreiras, tornando possível e facilitada a sua recolha pelas máquinas. Sequencialmente têm lugar outras operações que podem culminar com o processo de transformação em energia. A sequência ideal das operações envolvidas na logística, segundo Michelazzo (2005), citado por Pinto (2008), é a representada no fluxograma da **Erro! A origem da referência não foi encontrada.**6.7.

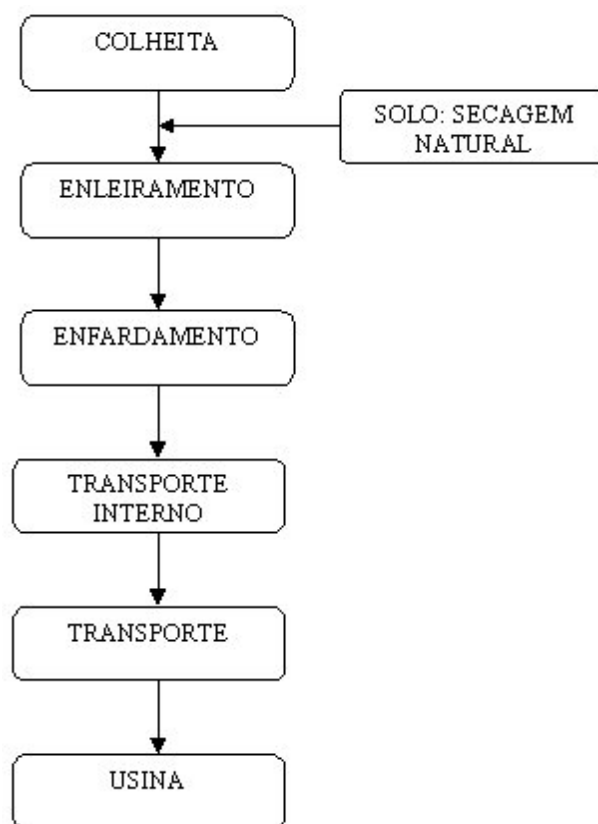


Figura 6.7 - Fluxograma das operações envolvidas até a utilização final da biomassa do milho no processo de geração de energia eléctrica.

Fonte: Michelazzo (2005), adaptado por Pinto (2008).

Em síntese o fluxograma proposto comporta, depois da colheita do grão, além do enleiramento, o enfardamento ou outra operação de pré-processamento escolhida, o transporte primário (do ponto de recolha ao ponto de concentração), o transporte secundário (do ponto de concentração ao local de armazenamento) e o armazenamento ao que se segue a conversão energética na plataforma. Cada operação pressupõe um equipamento específico,

preferencialmente provido de autonomia de locomoção ou, na pior das hipóteses, transportado por reboque.

De acordo com as características operacionais dos equipamentos fornecidos pelo mercado e a destreza dos operadores, podem-se formar brigadas em número que permita a recolha de todos resíduos antes do início das chuvas. A extensão territorial e a contiguidade das parcelas são factores que devem ser tidos em conta na programação da cadeia logística. Na Kissomeira predominam as pequenas e médias parcelas agrícolas, pelo que, o planeamento da época agrícola deverá ser influenciado porque, para que a exploração dos equipamentos de recolha seja eficiente, é condição fundamental que haja um grande número de campos contíguos que possam ser objecto de recolha na mesma data. Este desiderato pressupõe a realização de sementeiras, dos campos contíguos na região, também em datas aproximadas, no intuito de fazer coincidir o período de maturação e, conseqüentemente, de recolha dos resíduos. Este é um aspecto de crucial importância pois, além de racionalizar a exploração dos equipamentos permite economizar recursos financeiros com a mão de obra eventual que pode ser dispensada ou empregue em outras ocupações.

Nesta conformidade, atendendo às características da região da Kissomeira em que o período de estio é de aproximadamente 4 meses e o relevo é pouco acidentado, o que permite a circulação dos meios rolantes sem qualquer constrangimento, a cadeia logística para a colheita dos resíduos do milho deverá comportar duas brigadas, cada uma composta por operadores e os seguintes equipamentos:

- Uma enleiradeira;
- Uma enfardadeira;
- Um carregador;
- Um tractor;
- Um atrelado p/ tractor;
- Um camião com capacidade de 20 t.

Com este conjunto de equipamentos é possível o transporte das 13 600 toneladas de resíduos produzidos, em 88 dias úteis a uma média de 3 a 4 viagens/camião/dia. Além dos equipamentos mencionados, o armazém deverá possuir outro conjunto de equipamentos, nomeadamente:

- Um empilhador;

- Uma grua ou tapete transportador (para transporte dos fardos do armazém até a caldeira).

6.7.4 Escolha do tipo de conversor de biomassa

O roteiro ideal, apontado por Rendeiro e Nogueira (2008), o dimensionamento de uma plataforma de conversão de energia a biomassa, comporta os seguintes passos:

- a) Quantificar a demanda de energia a ser fornecida pela planta utilizando a curva de carga;
- b) Qualificar e quantificar a biomassa disponibilizada: conhecer o PCI – Poder Calorífico Inferior;
- c) Escolher o tipo de máquina a ser utilizada no projeto. Nesta escolha já se define o gerador de energia elétrica que tem que atender as condições de tensão, corrente, frequência e regime de funcionamento (contínuo ou intermitente) a que estará sendo requisitado;
- d) Obter do fabricante da turbina ou máquina alternativa a vapor seu consumo específico e suas características dimensionais;
- e) Calcular a quantidade de vapor necessária para atender a demanda de energia;
- f) Com a quantidade e qualidade do vapor requerida, definir o tamanho da caldeira e obter do fabricante suas características dimensionais. Definir o tipo de fornalha em função da biomassa disponibilizada;
- g) Identificar a quantidade de biomassa a ser disponibilizada (uma primeira aproximação pode ser 1 kg de biomassa para cada 4 kg de vapor gerado);
- h) Calcular o volume do tanque de condensado: 1,5 vezes a quantidade de vapor/h necessária no processo;
- i) Dimensionar a capacidade térmica do condensador com os dados de pressão e temperatura de entrada de vapor, vazão de vapor, temperatura de saída do condensado, vazão e temperatura da água de refrigeração. Obter do fabricante suas características dimensionais;
- j) Realizar um levantamento de consumo de energia da plataforma para definir as cargas parasitas da usina;
- k) Cumprir com a legislação nacional sobre a Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade.

Com estes dados torna-se possível o desenvolvimento do projeto básico de engenharia para inúmeros tamanhos de plantas de geração de energia elétrica, utilizando biomassa como combustível. Porém, alguns destes dados, resultam de estudos mais aprofundados que, a priori, estão fora da alçada do presente trabalho.

A potência instalada ou necessidade da região foi calculada em 1 170 kW que pode ser suprida por uma plataforma de conversão energética por ciclo a vapor.

O mercado oferece conversores para biomassa no estado sólido, que satisfazem os pressupostos atrás citados, com as seguintes especificações técnicas, segundo Martins (2004):

- Potência: de 150 kW a 23 MW;
- Eficiência: Sem cogeração 18% a 20% e com cogeração ~ 30%);
- Custos de manutenção: primeiros cinco anos, 2% do investimento; demais anos, 5% do investimento;
- Custos de operação depende da faixa de pressão da caldeira e envolve os custos dos produtos químicos da caldeira e o salário dos operadores (em comunidades remotas, 4 operadores a 400 R\$/mês, cerca de 536 €/mês cada um = 1600 R\$/mês, cerca de 2 144 €/mês, mais 1000 R\$/mês, cerca de 1 340 €/mês com produtos químicos);
- Custo de Investimento: R\$ 5 000/kW, cerca de 6 700 €/kW – *turn key* para sistema de 200 kW.

7. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na região da Kissomeira, Província do Bengo, foram diagnosticados três estratos de agricultores que se dedicam à produção de milho em regime de sequeiro. Da actividade de produção deste cereal resultam resíduos, que foram quantificados no estudo, tendo atingido a cifra de 27 266 toneladas, das quais 10,45% correspondem ao sabugo, 35,4% aos colmos, 38,17% às folhas e 15,97% à palha, cujo potencial é suficiente para abastecer uma plataforma de conversão de energia, teoricamente capaz de suprir as necessidades energéticas da região. Do total de resíduos disponibilizados pela cultura na época agrícola estudada, foi retirada a percentagem do peso atribuída à humidade e deduzidos 40% destinados aos usos concorrentes aos energéticos, entre os quais a deposição e incorporação ao solo para reciclagem de nutrientes, preservação do ambiente e a defesa contra a erosão são os mais importantes.

A quantidade total de biomassa calculada pode, teoricamente, viabilizar a produção anual de 68 666 MWh de energia eléctrica, que, em dependência da eficiência de conversão do equipamento utilizado, pode gerar de 12 230 MWh a 13 667 MWh ou mais, o que permite cobrir, com alguma margem de segurança, as necessidades locais calculadas em 10 249 MWh por ano.

Tendo em consideração as características da região, emergem, para o suprimento desta necessidade energética, a partir da biomassa do milho, as seguintes opções tecnológicas e pelas razões que se descrevem:

- i. Relativamente ao estado físico da biomassa, ideal para alimentação do conversor, a opção recai para a biomassa no estado sólido devido a facilidade de manuseamento com menores riscos para os operadores;
- ii. Relativamente a forma de apresentação ou pré-processamento da biomassa sólida, entre peletes, briquetes e fardos, a opção deverá recair para os fardos por requererem menor custo agregado de adequação e conservação;

- iii. Quanto às condições de armazenamento da biomassa após o pré-processamento, entre o descoberto e o coberto, a opção vai para o coberto sob telheiro ou, no mínimo, sob lona;
- iv. No referente a tecnologia de conversão, a opção recai para a combustão por congregar as seguintes vantagens: é a tecnologia mais simples que permite que, após algum tempo de capacitação “on job”, o equipamento possa ser manejado por operadores da própria comunidade; não requer a importação de resíduos municipais e/ou animais que geralmente rareiam nas comunidades remotas; produz menor impacto ambiental; tem custos de exploração relativamente mais baixos;
- v. Relativamente ao tipo de equipamento, entre a máquina a vapor e a turbina a vapor, a opção recai para a turbina por ser aquela cuja oferta do mercado cobre a gama de potências eléctricas nominais que podem satisfazer as necessidades energéticas da região;
- vi. Entre a geração simples de electricidade e a cogeração, porque o seu emprego pode representar um aumento da eficiência do processo de conversão energética, a opção recai para a cogeração, na expectativa de que o calor produzido, na forma de vapor, sirva de apelativo para a instalação de indústrias transformadoras de tomate e milho para a região.

Importa salientar que multiplicam-se pelo mundo pesquisas tendentes a obter equipamentos que confirmem maior eficiência e ao processo de conversão energética com base no ciclo a vapor.

A região da Kissomeira é assolada, de forma cíclica, por algumas pragas do milho, limitando não só a capacidade produtiva de resíduos, mas principalmente de grãos. Torna-se imperioso consciencializar os agricultores sobre a necessidade de adopção de práticas agrícolas que contribuam para o seu controlo, nomeadamente através do uso de semente sadia e mais produtiva, o controlo fitossanitário ao longo do ciclo cultural, a observância de rotações de culturas e os pousios.

Para concluir, importa dizer que este estudo se limitou a atestar a viabilidade de suprimento energético para a região da Kissomeira, essencialmente do ponto de vista da quantidade de resíduos disponíveis versus necessidade energética com uma incursão ao impacto social e ambiental e breve referência ao factor económico. Na generalidade, os pressupostos formulados foram favoravelmente comprovados ao longo do texto, com excepção do

relacionado com o factor económico, impondo-se a necessidade de realização de um estudo mais aprofundado (que contemple os custos do estudo hidrogeológico, a sondagem e o custo inerente ao consumo energético) para aferir a viabilidade económica e financeira (retorno do investimento) de um projecto desta magnitude.

Um derradeiro factor a levar em consideração é o relativo a baixa eficiência de conversão energética da biomassa que pode, quando se envereda pelo ciclo a vapor, reduzir substancialmente o poder energético. Por este facto é mister que prossigam as investigações tendentes a encontrar equipamentos mais eficientes que possam atenuar os desperdícios energéticos.

Importa referir que o critério geralmente adotado para a validação da viabilidade económica de geração energética é o impacto social do projecto, querendo significar que, hipoteticamente, se os indicadores económicos não justificarem o empreendimento, ainda assim os do âmbito social o podem, pois que, uma comunidade rural em franco crescimento demográfico e carente de energia eléctrica, pode melhorar os índices de qualidade de vida da sua população quando passa a usufruir os benefícios da energia eléctrica (Pinto, 2008).

8. BIBLIOGRAFIA

ABNT NBR 7190. (1997). Projectos de Estruturas de Madeira – Acessado em: <https://www.passeidireto.com/arquivo/5360246/abnt> em 2020.

Actualitix. World Atlas. Statistics by Country – Acessado em: <https://www.pt.actualitix.com> em 2020.

Agência Regional de Energia e Ambiente (AREA). Alto Minho. Energias Renováveis – Acessado em: <http://www.area-altominho.pt/gca/index.php>, em 23/05/2020.

Ahammad, S.Z.; Sreekrishnan, T.R. (2016). Biogas: An Evolutionary Perspective in the Indian Context. In Green Fuels Technology; Green Energy and Technology; Springer: Cham, Switzerland, 2016; pp. 431–443.

AIE. 2006. Angola, Desenvolvimento de uma Estratégia para Energia – Acessado em: http://www.info-angola.ao/images/documentos/pdf/angola_portugais.pdf em 2019.

AIE. (2014). Matriz Energética Mundial.

Al Mourad, A. L.; Ambrogi, V. S.; Guerra, S. (2004). Potencial de Utilização Energética de Biomassa Residual de Grãos – Scielo Proceedings, Encontro de Energia do Meio Rural.

Anderson, E.; Brown, W. L. (1952). The History of the Common Maize Varieties of the United States Corn Belt. *Agricultural History*, 26(1), 2–8 – Acessado em: http://www.angop.ao/pt_pt/noticias/sociedade/2017.

Andrade, A. S. (2006). Máquinas Térmicas AT-101. Universidade Federal do Paraná – Acessado em: www.madeira.ufpr.br/disciplinasalan/AT_101 em 2020.

Andrade, C. L. T. et al. (2009). Modelagem do crescimento de culturas: aplicações à cultura do milho. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 65 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 91) – Acessado em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/16117/1/doc-216.pdf> em 2021.

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica (2009). Cit. In Freitas, 2016 – Acedido em: www.aneel.gov.br. em: junho de 2015 em 2019.

Angop, Agência Angola Press. 09 Novembro de 2017 – Acessado em: http://www.angop.ao/pt_pt/noticias/sociedade/2017 em 2019.

Área de refúgio. (2017). Recomendações de uso para o plantio de milho transgênico Bt. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2011. 1 folder.

Arima. (2012). Transformar a biomassa em energia. Acessado em: <https://www.alterima.com.br/>, em 2020.

Asanzi, C. et al. (2006). Food production in the Planalto of Southern Angola. *Soil Science* 171, 10: 810-820. Cit. In Henriques et al. (2010).

Asanzi, C. et al. (2006). Food production in the Planalto of Southern Angola. *Soil Science* 171, 10: 810-820. Cit. In Henriques et al. (2010).

Atlas e Estratégia Nacional para as Novas Energias Renováveis (2015). 1ª edição, República de Angola – Acessado em: gestoenergy.com/wp-content/uploads/2018/04/ATLAS em 2019.

Atlasbig. (2020) - Acessado em: <http://www.atlasbig.com> em 2020.

Baggio, P.L. (2017). Estudo das tecnologias existentes para geração de energia eléctrica a partir do biogás. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, Brasil. Acessado em: http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/9533/1/PB_COELT em 2020.

Banco de Desenvolvimento Africano e o Centro de Desenvolvimento da OCDE (2006) – Perspectivas Económicas em África de 2003/2004. *African Economic Outlook 2003/*.

Barros, J. F. C.; Calado, J. G. (2012). Equipamentos Agrícolas de Colheita, Enfardamento e Transporte – Universidade de Évora. Escola de Ciências e Tecnologia. Departamento de Fitotecnia – Acessado em: [https://dspace.uevora.pt/rdpc/bitstream/10174/5246/1/Equipamentos ADcolas.pdf](https://dspace.uevora.pt/rdpc/bitstream/10174/5246/1/Equipamentos_ADcolas.pdf) em 2021.

Barrows, G.; Sexton, S.; Zilberman, D. (2014). Agricultural Biotechnology: The Promise and Prospects of Genetically Modified Crops. *The Journal of Economic Perspectives*, 28(1), 99–119.

Bermann, C. (2008). Crise Ambiental e as Energias Renováveis: *Cienc. Cult.* vol.60 no.3 São Paulo.

Bezerra, G.J; Schlindwein, M.M. (2017). Agricultura Familiar Como Geração de Renda e Desenvolvimento Local: Uma Análise para Dourados, Brasil. *Interação*, Campo Grande, MS, v. 18, nº1-, p.1-15, Jan./Mar.

Bioenergia. (2004). Manual Sobre Tecnologias, Projecto e Instalação - Acessado em : http://www.moretti.agrarias.ufpr.br/eletrificacao_rural/livro_bioenergia, em 2020.

Borghini, E. et al. (2017). Dez dicas para Produção de Milho. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Milho e Sorgo. Sete Lagoas, MG - Acessado em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1081852>, em 2020.

Cardoso, B. M. (2012). *Uso da Biomassa como Alternativa Energética*. Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica.

Cariango, F. (2020). Transformando o lixo em energia elétrica – Acessado em: <https://club-k.net/>, em 2020.

Carvalho, I. et al. (2013). Demanda Hídrica das Culturas de Interesse Agronómico. Centro Científico Conhecer. Goiânia, V19, nº17; pag 969.

CCEE/EPE. (2005-2016). Resultados dos Leilões de Energia. EPE – Acessado em: www.quantoenergia.escolha.org/metodo

Cheng, S. et al. (2014). Development and application of prefabricated biogas digesters in developing countries. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 34, 387–400.

Ciferno, J.; Marano, J. J. (2002). Benchmarking biomass gasification Technologies for fuels, chemicals and hydrogen production. Departamento de Energia dos Estados Unidos. 2002. Cit. In Oliveira et al. (2017).

Costa, Y.M.T. (2018). Zoneamento agrícola para decisão de plantio de milho em Angola. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Ciências Aplicadas. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e de Manufatura. Acessado em <https://www.repositório.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/331481>.

Costa, M. (2019). O que é o factor de potência, aprenda como calcular e corrigir. Projectos eléctricos. Viver de electrica – Acessado em: <https://www.viverdeletrica.com>, em 2021.

Cruz, J.C.; Pereira Filho, I.A. (2011). *O Milho na Agricultura Familiar*. Embrapa Milho e Sorgo. Sete Lagoas, MG.

Dantas, Vandui Francisco de Siqueira. (2013). Potencial Energéticos dos Resíduos da Cultura do Milho (*Zea mays*) e do epicarpo do Pinhão-manso (*Jatrofa curcas L.*). Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais, Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Brasília.

Dary, O.; Imhoff-Kunsch; B. (2012). Measurement of food consumption to inform food fortification and other nutrition programs: an introduction to methods and their application. *Food Nutr. Bull.* 33(3 Suppl.): S141–S145.

Dias, A.G.S. (2018). Análise da Cadeia Produtiva do Milho em Angola. Curso de Administração. Linha de Formação Específica em Administração de Empresas. Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC, Brasil.

Dissoluquele, B. M. D. et al (2018). Plano de Maneio de Pragas. Programa Para o Aumento da Produtividade Agrícola na África Austral (APPSA) - Ministério da Agricultura e Florestas, Angola – Acessado em: <https://documents.worldbank.org/curated/en/...> · Ficheiro PDF, em 2020.

Diniz, A. C. (2006). *Características Mesológicas de Angola*. Instituto Português de Apoio ao Desenvolvimento- Ministério dos Negócios Estrangeiros. Avenida da Liberdade, Lisboa.

Domingues, M.S. (2011). Recursos Energéticos e Meio Ambiente. ACH 1021 – RNMA - Acessado em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5007814/mod_resource, em 2020.

Eckert, C. T. et al. (2013). Biomassa residual vegetal. Revista Brasileira de Energias Renováveis, v. 4, p. 32-44.

Eilert, L. (2010). O que é biomassa. Biomassa e Gaseificação (scribd.com) - Acessado em: <https://pt.scribd.com>, em 2019.

Engasp. (2014). Estudo do Potencial Energético de Calor de Cada Biomassa/Resíduo Agrícola e Vegetal. Projecto nº34001, Ibero Massa Florestal, Lda (Imflorestal) - Acessado em: <https://www.imflorestal.com/wp-content/uploads/2016/01/1.5...pdf>, em 2020.

Energy Research Group, Chemical Eng. And applied Chemistry.

FAS. (2014). Estudo do sector do comércio informal com enfoque para a comercialização da fubá de milho. Lubango: Impulso Angola Lda - Cit. In (Dias, 2018).

FAOSTAT. (2018) – Acessado em: www.fao.org, em 2020.

Fernandez-Cornejo, J. et al. (2014). Genetically Engineered Crops in the United States, ERR-162. US Department of Agriculture, Economic Research Service.

Freitas, G.M. (2016). Biomassa, como fonte de energia. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Brasil.

Foelkel, C. (2015). Qualidade da Madeira do Eucalipto. Acerca dos Acertos e Erros na Utilização da Densidade Básica como Indicador de Qualidade de Madeiras. EUCALYPTUS ONLINE BOOK, Newsletter – Acessado em: <https://www.eucalyptus.com.br>, em 2020.

Galesi, A. L. H. (2019). Doenças da Cultura do Milho: Como Identificar e Manejar – Acessado em: <https://blog.agromove.com.br/...>, em 2021.

GEPROC. (2004). Manual de Recolha de Dados e Informações de Base do Meio Rural. Projecto de Reforço Institucional dos Serviços de Apoio ao Meio Rural (Projecto 3.2.1-3/PMR III). Governo de Angola, Comissão Europeia, Instituto de Desenvolvimento Agrário (IDA)/ Programa de Micro-Realizações III (PMR).

GEPROC. (2004). Programa de Extensão e Desenvolvimento Rural (PEDR 2004-2008). Ministério da Agricultura e Desenvolvimento Rural. Instituto de Desenvolvimento Agrário. Luanda.

Guia WikiHow. Probabilidade e Estatística. Calcular o Tamanho de uma Amostra – Acessado em: <https://pt.wikhow.com>, em 2020.

Guilhermino, A. J. C. (2014). Avaliação do Aproveitamento de Resíduos da Biomassa Florestal da Região do Alto Alentejo, nas Perspetivas Logística, Económica e Financeira – Escola Superior de Portalegre. Instituto Superior de Portalegre - Acessado em: <https://comum.rcaap.pt/bitstream/10400.26/17074/1>, em 2020.

Grundfos Portugal. Product Center – Acessado em: <https://product-selection.grundfos.com/>, em 2020.

Grupel. (2021). Potência Necessária de um Gerador – Acessado em: <https://grupel.eu/grupel>, em 2021.

GSM, Geradores. (2021). Calculadora de Potência – Acessado em: <https://www.gsmgeradores.com.br/calculadora>, em 2021.

Henriques, I. C.; Moreira, I.; Monteiro, A. (2010). Efeitos da Fertilização Azotada na Cultura do Milho na Província do Huambo. *Revista de Ciências Agrárias*. 33(2): 255-262 – Acessado em: <https://www.researchgate.net/publication/262541466>, em 2021.

Honrado, J. et al. (...). Plano Nacional Director de Irrigação de Angola. Uma Síntese dos Estudos. A Engenharia dos Aproveitamentos Hidroagrícolas. Actualidade e Desafios Futuros. Jornadas Técnicas APRH.

IEE, Instituto de Energia da Universidade de São Paulo. Fontes de Biomassa. Grupo de Pesquisa de Bioenergia – Instituto de Energia e Ambiente -Acessado em: <https://www.iee.usp.br/gbio/>, em 2020.

Inquérito Integrado sobre o Bem-estar da População. (2010). Ministério do Planeamento, Luanda. Instituto Nacional de Estatística (INE).

Instituto Nacional de Estatísticas. (2014). Resultados Definitivos do Censo de 2014 – Acessado em: <https://www.ine.gov.ao>, em 2020.

Instituto Nacional de Estatística (2016) – Inquérito de Indicadores Múltiplos e de Saúde 2015-2016 – Acessado em: <https://dhsprogram.com/pubs/pdf>, em 2021.

Instituto Regulador dos Serviços de Electricidade e Água (IRSEA) – Acessado em: <https://www.irsea.gov.ao>, em 2020.

James, C. (2013) - ISAAA Brief 43, Global Status of Commercialized Biotech/GM crops: 2011. ISAAA Briefs. Ithaca, New York: International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications (ISAAA). Cited December 23 – Acessado em: <http://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/43/executivesummary/default.asp>, em 2021.

Jornal de Economia e Finanças. 25 de Agosto de 2017 – Acessado em: http://www.jornaldeeconomia.sapo.ao/...kissomeira_recebe, em 2020.

Kerdsuwana, S.; Laohalidanonda, K. (2015). Approach of using Corn Residues as Alternative Energy Source for Power Production. International Conference on Alternative Energy in Developing Countries and Emerging Economies. A Case Study of the Northern Plain Area of Thailand – Acessado em: <http://www.researchgate.net/publication/285782184...pdf>, em 2019.

LIPPEL. (2019). Bioenergia da Biomassa. Artigos Acadêmicos. Soluções Integradas Para Biomassa – Acessado em: <http://www.lippel.com.br>, em 2019.

Lojaluz. Potência eléctrica aconselhável para mim – Acessado em – <https://www.lojaluz.com>, em 2021.

Mansilha, Marcio B.; Farret, Felix A.; Rosa, Leandro C. (2017). Biomassa: Os avanços recentes e uma comparação entre gerador de biomassa e gerador diesel com Homer Pro Tool. Revista Espacios, Vol. 38 (Nº 36) Año 2017. Pág. 9 – Acessado em: <https://revistaespacios.com/a17v38n36p09.pdf>.

Marcelino, F. A. B. (1973). Zonagem do Milho de Sequeiro em Angola (Primeira Aproximação). Instituto de Investigação Agronómica de Angola (IIAA). Nova Lisboa.

Marques, A. L. M. (2015). Utilização Energética da Biomassa em Portugal. Caso de estudo da Tratolixo. IST. Lisboa.

Martins, O. S. (2004). Aproveitamento da Biomassa para a Geração de Energia Eléctrica. 1º seminário Sobre a Utilização de Energias Renováveis para Electrificação Rural do Norte e Nordeste do Brasil. Centro Nacional de Referência em Biomassa (CENBIO). Brasília.

Mascus. Claas Quadrante 3200 - Acessado: <https://www.mascus.pt/equipamentos-agricolas-usados>, em 2020.

Matos, D.M.B.; Catalão, J.P.S. (2013). Geração Distribuída e os seus Impactes no Funcionamento da Rede Eléctrica: Parte 1, International Conference on Engineering. University of Beira Interior – Acessado em: http://webx.ubi.pt/~catalao/ICEUBI_Diogo_1.pdf, em 2020.

Martini, P. R. R. (2009). Conversão Piro-lítica de Bagaço Residual da Indústria de Suco de Laranja e Caracterização Química dos Produtos. Dissertação (mestrado em química) PPGQ, UFSM, Santa Maria. Cit. In: Ekert et al. (2013).

Ministério de Agricultura e Desenvolvimento Rural (2011). Plano Nacional de Irrigação. Luanda

Ministério da Agricultura e Florestas, MINAGRIF (2018). Plano de Desenvolvimento Agrícola de Angola. Cit. in: Santana e Venda (2018). Luanda.

Ministério da Agricultura e Florestas, MINAGRIF. (2018). Relatório de Resultados do Ano Agrícola 2017-2018 – Gabinete de Estudos Planeamento e Estatísticas. Luanda.

Ministério da Agricultura e Florestas MINAGRIF. (2020). Manual do Inquérito da Produção Agrícola. Gabinete de Estudos, Planeamento e Estatísticas. Luanda.

Ministério das Minas e Energia (1982). Balanço Energético Nacional. Brasília.

Ministério de Minas e Energia (2007). Plano Nacional de Energia 2030. Empresa de Pesquisas Energéticas, Brasília. Cit. In Freitas (2016).

Montgomery, E. G. (Edward G. (1913). The corn crops. New York, The Macmillan company.

Moreno, C. et al. (2008). O Campo em Debate. Terra, Homens e Luta. Rio de Janeiro, Brasil – Acessado em: [https:// books.google.co.ao/books](https://books.google.co.ao/books).

Mundo da elétrica. Como calcular a potência eléctrica em Watts – Acessado em: <https/www.Mundoeletrica.com.br>, 2020.

Na Sala Com Gismonti. Assuntos sobre Agronomia: Benefícios do Plantio Direto na Palha - Acessado: <https://agronomiacomgismonti.blogspot.com/2011/11>, em 2021.

Nhambiu. J. (2021). Instalações Térmicas. Energia Térmica na Indústria. Energypedia – Acessado em: <https://www.Energypedia.info/images>, em 2021.

Nogueira, M. F. M.; Rendeiro, G. (2008). Caracterização Energética da Biomassa Vegetal. Cit. In Ekert et al. (2013).

Nogueira, L.A.H. (1995). Informe Sobre Energia de Biomassa no Brasil. Escola Federal de Engenharia de Itajubá, Minas Gerais, Brasil. Apresentação na Reunion Regional sobre Generacion de Electricidade a partir de Biomassa, Montevideo, Uruguay.

Nones, D.L. et al. (2017). Biomassa Residual Agrícola e Florestal na Produção de Compactados para a Geração de Energia - Revista de Ciências Agroveterinárias, Lages, V.16 n.2, p.155-164-Acessado: <https://www.revistas.udesc.br/index.php/agroveterinaria/article>, em 2020.

Nunes, L.S. (2016). Características do Milho (Zea Mays). Agrolink – Acessado em: https://www.agrolink.com.br > milho>informações>características_361401, em 2020.

Oliveira, P.; Nascente, A.S.; Kluthcouski, J.; Portes, T.A. (2013). Crescimento e produtividade de milho em função da cultura antecessora. Pesq. Agropec. Trop., Goiânia, v. 43, n. 3, p. 239-246, jul./set. 2013 – Acessado em: <https://www.agro.ufg.br/pat>, em 2020.

Oliveira, L. S.; Silva, D. P.; Silva, I. P. (2017). O Uso da Gaseificação de Biomassa Como Energia Renovável: Uma Revisão Bibliográfica das Motivações e Aplicações. Anais do IX Simpósio de Engenharia de Produção de Sergipe – Acessado em: <https://ri.ufs.br/bistream/7619/2/GaseificacaoBiomassaMotivacoesAplicacoes.pdf> (ufs.br), em 2021.

Otchere-Appiah, G.; Hagan, E. B. (2014). Potencial For Electricity Generation From Maize Residues in Rural Ghana- A Study Case of Brong Ahafo Region. VRA-NED Co, Sunyani & Accra Institute of Technology, Ghana. International Journal of Renewable Energy Technology Research. Acessado em: ijretr.org/IJRETR_vol.3, No 5, May 2014/Potential.pdf, em 2019.

Pereira Filho, I.A; Borghi, E.; Resende, A.V.; Silva, D.D.; Mendes, S.M.; Silva, A.F. (2017). Dez Dicas para a Produção do Milho. Sete Lagoas. Documentos/EMBRAPA. Milho e Sorgo, ISSN 1518-4277;216.

Pereira Filho, I. A. (2002). Cultivo de milho verde. EMBRAPA, Milho e Sorgo. Sete Lagoas, MG.

Pinto, D. M. (2014). Queima de Peletes em Regime Permanente, Análise Teórica Simplificada. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica - Acessado em <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/73650/2/31459.pdf>, 2021.

Pinto, L.R.M. (2008). Análise da Viabilidade da Geração de Energia Elétrica Descentralizada a partir de resíduos agrícolas no estado de Goiás e Estudo de Caso do Município de Rio Verde. Universidade Federal de Itajubá. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia. Dissertação de Mestrado. Itajubá – Brasil – Acessado em: [https://www.Avaliação da biomassa Pinto.pdf](https://www.Avaliação%20da%20biomassa%20.....Pinto.pdf), em 2021.

Pitra, M.G. Cardoso. Energias Renováveis em Angola. Situação Actual e Perspectivas – Acessado em: <https://www.Relop.org>, em 2020.

Portal das Energias Renováveis. (2019). A Biomassa Sólida - Acessado em: Energiasrenovaveis.com/DetailheConceitos.asp.6, em 2020.

Preto, E.V.; Mortaza, G.L. (2010). Geração de Energia Elétrica utilizando biomassa. Brasília.

Rendeiro, G.; Nogueira, M. (2008). Combustão e Gaseificação de Biomassa Sólida, Soluções Energéticas Para Amazônia. 1ª Edição, Ministério de Minas e Energia, Brasília – Acessado em: [https://www.Solucoes Energeticas para a Amazonia Biomassa. pdf](https://www.SolucoesEnergeticasparaaAmazoniaBiomassa.pdf) (mme.gov.br), em 2020.

Rendeiro, G. (2011). Geração de Energia Elétrica em Localidades Isoladas na Amazônia Utilizando Biomassa como Recurso Energético. Tese de Doutorado -UFPA/ITEC/Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia. Brasil – Acessado em: <https://silo.tips/download/universidade-federal-do-para-instituto-de-tecnologia-tese-de-doutorado>, em 2020.

Revista Agricultura de Conservação e Sementeira Directa (14/01/2008) – Acessado em: <https://agriculturasementeira.blogspot.com/2008/01/infiltrao-mdia-de-gua-durante-9-horas.html>, em 2020.

Revista Alibaba (2020) – Acessado em: <https://portuguese.alibaba.com/>, em 2020.

Revista Brasileira de Energias Renováveis, v.5, p. 91-105, 2016, em 2020.

Revista Central Elétrica. Como funciona uma central de biomassa – Acessado em: [https://rd9centralelectrica.webnode.pt/desenvolvimento/centrais-de-biomassa/como-funciona-uma-central-de-biomassa-/,](https://rd9centralelectrica.webnode.pt/desenvolvimento/centrais-de-biomassa/como-funciona-uma-central-de-biomassa-/) em 2020.

Revista O Petróleo (09/06/2015). Energias Renováveis em Angola – Acessado em: www.revistaopetroleo.com/energias-renovaveis-em-angola, em 2020.

Revista Portal da Energia – Acessado em: [https://www.portal da energia.com](https://www.portaldaenergia.com), em 2020.

Revista Terra (27/Julho/2013). Brasil.

- San Martin, E.R. et al. (2012). Potencialidades de Energias Renováveis de Angola - Instituto Superior Politécnico de Tecnologia e Ciências – Acessado em: <https://www.monografias.com/pt/trabalhos3/potencialidades-angola-energias-renovaveis>, 2020.
- Santana e Venda, D.W. (2018). Desempenho da Agricultura Angolana e Suas Potencialidades de Participação no Comércio Internacional. Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC). Curso de Ciências Económicas. Criciúma, Brasil. – Acessado: <http://www.repositorio.unesc.net/bitstream/1/6367/1> em 2022.
- Scarpin, B. (2017). O que é o factor de potência – CUBiEnergia – Acesso em: <https://www.cubienergia.com>, em 2020.
- Schattan, S. (2003). Obtenção de estatísticas agrícolas pelo método de amostragem: experiências visando a criação de uma organização permanente - Agricultura em S. Paulo – SP, 50(2):81-109 – Brasil - Acessado: <http://www.iea.sp.gov.br/out/publicacoes/pdf/asp>, em 2020.
- Silva, J. W. F. et al. (2014). Da Biomassa Residual ao Briquete: Viabilidade Técnica Para Produção de Briquetes na Microrregião de Dourados-MS1. Revista Brasileira de Energias Renováveis.
- Silva, R. L.; Silva, A. M. P. (2016). Bioenergia da Biomassa Residual: Potencial Energético da Combustão da Casca do Arroz em Dourados. MS e Região.
- Silva, M.J.M.; Ruggero, P.A. Efeitos da Utilização da Biomassa sobre o meio Ambiente – Gaseificação – Acessado em: <https://needoc.net/gaseificacao>, em 2020.
- Souza, M.M. (2010). Caracterização e viabilidade econômica do uso energético de resíduos da colheita florestal e do processamento de *Pinus taeda* L. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- Suçarana, M. S. Cogeração. Navegando e aprendendo. Info-Escola. Acessado em: <https://www.infoescola.com/energia/cogeracao>, em 2020.
- Sud, U. et al. (2017). Methodology for estimation of crop area and crop yield under mixed and continuous cropping. Technical report series: GD-21-2017, March 2017. Global Strategy, FAO, Rome. – Acessado: <https://www.researchgate-net//publication/349075583>
- Vale, A.T.; Dantas, V.F.S.; Z., G.C. (2013). Potencial Energético dos Resíduos da Cultura do Milho (*Zea mays*) - Evidência, Joaçaba v. 13 (2), p. 153-164.
- Vieira, A.C.G. (1977). Manual de Correção de Factor de Potência. CNI, Rio de Janeiro.
- Wekesa, A. (2013). Using GIS to assess the potential of crop residues for energy generation in Kenya. A thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the Degree of Master of Forestry Science in the University of Canterbury. – Acessado em: <https://ir.canterbury.ac.nz/bitstream/handle/10092/...> em 2019.
- Werther J. et al. (2000). Combustion of agricultural residues. Progress in energy and combustion science. Alemanha: Pergamon, v.26, p. 1-27, 2000. Cit in Eckert (2013).

Zambrzycki, G. C. (2018). Potencial Energético de Biomassas Residuais e Atributos de Solos em Ambientes Florestais e Agrícolas. Departamento de Engenharia Florestal. Faculdade de Tecnologia. Universidade de Brasília.

Zucarell, C.; Carmeis Filho, A. C. A.; Gonçalves, M. S.; Oliveira, M. A. (2010). Acúmulo de Graus dias, Ciclo e Produtividade de Cultivares de Milho de Segunda Safra para a Região de Londrina. PR. In: Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 28.; Simpósio brasileiro sobre lagarta do cartucho, Goiânia. Potencialidades, desafios e sustentabilidade: resumos expandidos. Goiânia: ABMS, 2010. p. 872-877. Cit. In Borghi et al. (2017).

Páginas de internet (URL)

Agronegocios – Acesso: www.agronegocio.eu/noticias/as-cinzas-na-agricultura/

Bing.com/images – Acesso: <https://www.bing.com>

Convertlive – Acesso: <https://convertlive.com/pt/u/converter>.

Diário de Notícias.pt– Acesso: <https://www.dnoticias.pt>– aos 4/11/2021.

Meio Ambiente – Acesso: www.meioambiente.culturamix.com- aos 16/10/2019.

Meio Ambiente. COP26: As principais vitórias e fracassos do acordo final
Acesso:<https://noticias.uol.com.br/ultimas-noticias/bbc/em13/11/2021>.

Wikipédia, a enciclopédia livre – Acesso: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Bengo> aos 14/08/2020.

9. APÊNDICES

Apêndice I - Ilustração de parcela apta para sementeira de milho na 2ª época após colheita da cultura da 1ª época na Kissomeira.



Apêndice II - Questionário preliminar para definição dos estratos

Estratos	Caracterização das EAF's
Estrato alto	EAF's cujo total de parcelas cultivadas é superior a 5 hectares,
	EAF's que utilizam equipamentos mecanizados em operações de lavoura
	EAF's que fazem uso de fertilizantes de síntese
	EAF's que fazem uso de pesticidas (insecticidas e fungicidas)
	EAF's que utilizam sementes certificadas
	EAF's que utilizam mão de obra eventual em alguns trabalhos (sacha e colheita)
	EAF's que já beneficiaram de crédito agrícola em dinheiro ou em insumos
	EAF's cujo responsável tem outras fontes de rendimento
	EAF's cujo destino da produção é o mercado
	EAF's cujo chefe possui meio de transporte próprio
Estrato médio	EAF's cujo total de parcelas cultivadas é inferior a 5 hectares, mas superior a 2 hectares
	EAF's que utilizam equipamentos mecânicos em algumas operações (lavoura com ou sem gradagem)
	EAF's que fazem uso de fertilizantes em parte ou em todas as parcelas cultivadas
	EAF's não fazem uso de pesticidas
	EAF's que nem sempre utilizam semente certificada
	EAF's que utilizam quase sempre mão de obra eventual nas principais operações (sementeira, sacha e colheita)
	EAF's que têm beneficiado de crédito agrícola em insumos e custeamento da preparação da terra por via mecanizada
	EAF's cujos responsáveis têm outras fontes de rendimento
Estrato Baixo	EAF's cujas superfícies totais das parcelas cultivadas são inferiores a 2 hectares
	EAF's raramente fazem uso de equipamentos mecânicos
	EAF's que raramente fazem uso de fertilizantes em parte ou em todas as parcelas cultivadas
	EAF's que não fazem uso de pesticidas
	EAF's que raramente utilizam semente certificada
	EAF's que raramente ou nunca recorre à mão de obra eventual nas principais operações (sementeira, sacha e colheita)

EAF's que geralmente não têm beneficiado de crédito agrícola em insumos nem custeamento da preparação da terra por via mecanizada
EAF's cujos chefes não têm outras fontes de rendimento
EAF's cujo chefe não possui meio de transporte próprio
EAF's cujo objectivo principal da produção é a subsistência

Apêndice III – Guião das entrevistas aos chefes das EAF

1. Identificação da EAF

Secção	Designação	Respostas	
Identificação	Nome do chefe da EAF		
	Dimensão do agregado familiar		
	Local de residência habitual		
	Possui habitação na Kissomeira?	Sim	Não

2. Custos de Produção

Informação financeira	Quanto gastou para produzir durante o ano agrícola	KZ _____	
	Quanto rendeu a venda do milho	KZ _____	
	Quanto rendeu a venda do tomate	KZ _____	
	A família beneficiou de créditos à produção	Sim	Não

	Quanto custa a operação de mobilizar a terra	KZ _____
	Quanto custa a preparação de terras	KZ _____
	Quanto custa a sacha	KZ _____
	Quanto custa a colheita	KZ _____
	Quanto custa o frete de mercadorias	KZ _____
	Qual a renda da família /ano agrícola	KZ _____

3. Mobilização dos solos e insumos agrícolas

Preparação de terras	Energia utilizada para preparação da terra	Manual	Tracção animal	Tractor	
Equipamentos	De quem são os equipamentos utilizados na preparação da terra	Próprio	Empresa Privada	Cooperativa	Provedor/ IDA
Insumos	Onde adquire as sementes, fertilizantes e pesticidas?	Mercado informal	Mercado formal	Cooperativa	IDA/ONG
	Quanto Kg de fertilizante utiliza por hectare na cultura do milho	200 kg ou menos	200 a 300 Kg	300 Kg a 400	Não utiliza
Utilizou sementes certificadas?	Sim		Não		

Sanidade vegetal	As culturas têm sido atacadas pelas pragas/doenças?		Sim	Não
	Qual é mais vulgar	Lagarta militar		
		Broca do colmo		
	Faz algum tratamento fitossanitário em caso de ataque das culturas		Sim	Não
Trata a semente?				
	Quanto Kg de semente de milho aplica por hectare	Menos que 25 Kg	25 Kg	Mais que 25 Kg

4. Fitossanidade

5. Superfícies trabalhadas e fontes de proventos

EAF	Além da agricultura quais as outras actividades praticadas	Pecuária	Pesca fluvial	Comércio	Outras (mencionar)		
	Além do milho que outra cultura pratica	Tomate		Outra (especificar)			
Em qual das actividades tem maiores proventos	Milho	Tomate	Pesca		Comércio	Outras	

Como adquire a água para regar o pomate	Por meios próprios a partir do rio	Compra aos camionistas/motociclistas			
Quantos hectares de terras possui	Até 2 há	2 a 5 há		Mais que 5 há	
Quantos hectares cultivados	Até 2 há	2 a 5 há		Mais que 5 há	
Realiza sacha ao milho?	Sim		Não		
Qual a melhor época para cultivo do milho	1ª época		2ª época		
Qual a produção total de milho na 1ª época agrícola					
Quem/como faz a colheita do milho	Membros do agregado familiar		Tarefeiros	Equipamentos	
Qual o destino da produção da EAF	Autoconsumo		Autoconsumo e venda	Venda	

6. Sobre os resíduos da cultura do milho

Resíduos do milho	Qual das épocas produz mais resíduos de milho	1ª época		2ª época		
	Destino dos resíduos	Restituição ao solo	Incineração		Outros	
Quem são os potenciais compradores dos seus produtos						

7. Energia eléctrica, água domiciliar e impacto ambiental

	Sim	Não
Possui energia eléctrica na residência		
Qual a fonte	Gerador próprio	Gerador do vizinho
Quais as aspirações futuras em termos de energia eléctrica	Rede pública	Geração comunitária descentralizada

Quais os benefícios económicos e sociais esperados com o fornecimento de energia eléctrica	
Quais são os prováveis impactos ambientais com a implantação da energia eléctrica a partir dos resíduos do milho	
Como se abastece de água para uso domiciliar	

Apêndice IV - Resíduos secos de milho “in natura” na Kissomeira



10. ANEXOS

Anexo A - Necessidades líquidas de água (mm) para a cultura do milho nas diferentes regiões agro-climáticas de Angola, 2 ciclos/ano.

Nº	Zona Agrícola	Meses	Dur. Ciclo	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Annual
1	Cabinda	11-mai	5	0.0	0.0	0.0		0.0	22.6	97.4	109.9	30.6		0.0	0.0	259.6
2	Litoral Norte	11-mai	5	13.0	0.0	0.0		0.0	30.0	101.0	112.0	37.0		0.0	0.0	293.0
3	Dembos-Uíge	03-set	5	0.0		0.0	0.0	19.0	109.6	37.0		29.1	8.9	0.0	0.0	293.5
4	Subplano do Congo	04-out	5	16.0	0.0		0.0	0.0	70.7	114.3		40.7	10.7	0.0	0.0	293.6
5	Planalto do congo	02-ago	5		0.0	0.0	0.0	16.7	42.0		37.3	16.7	7.4	0.0	0.0	252.4
6	Congo	04-out	5	0.0	0.0		0.0	0.0	89.0	147.0		42.5	0.0	0.0	0.0	120.1
7	Litoral de Luanda	11-mai	5		104.6	0.0		14.5	50.7	96.2	110.5	35.8		5.7	37.2	278.5
9	Baixa de Cassange	02-ago	5		0.0	0.0	0.0	86.8	60.8		64.6	56.2	55.8	1.8	0.0	570.8
10	Nordeste de Luanda	03-set	5	0.0		0.0	0.0	59.1	154.7	52.0		0.3	0.0	0.0	0.0	325.0
11	Luanda	03-set	5	0.0		0.0	0.0	80.1	152.9	52.5		19.9	0.0	4.0	0.0	255.2
12	SubUrbano de Luanda	10-abr	5	102	27.0		0.0	20.0	95.0	92.0	31.0		36.0	42.0	111.0	300.4
13-14	Planalto de Malange	03-set	5	1.0		0.0	0.0	64.9	147.8	50.2		20.6	0.0	0.0	4.5	575.0
15	Litoral sul do Cuanza	11-mai	5	102.4	97.7	0.0		30.6	57.3	112.9	128.2	39.2		1.5	23.1	289.1
16	Libolo-Anboim	11-mai	5	48.2	73.9	0.0		23.3	55.1	121.5	123.7	36.9		0.0	0.0	593.0
17	Transição Centro-Nordeste	11-mai	5	14.0	40.5	0.0		36.2	83.7	159.3	169.5	26.3		0.0	0.0	439.5
18	Alto Cuanza	02-ago	5		0.0	0.0	14.5	114.4	57.6		68.2	78.2	75.5	18.6	0.0	529.7
19	Influência do CFB-leste	03-set	5	0.0		0.0	0.0	102.3	152.7	52.7		58.0	8.7	0.0	0.0	428.2
20	Araras do Mosico	03-set	5	0.0		0.0	0.0	107.0	155.0	55.0		62.0	32.0	0.0	0.0	374.4
21	Alto Zambze	03-set	5	0.0		0.0	0.0	125.0	142.0	49.0		75.0	32.0	0.0	0.0	411.0
22	Litoral sul	11-mai	5	142.5	115.3	14.5		42.2	48.7	99.8	117.5	41.5		39.3	74.1	423.0
23	Transição Centro-Leste	11-mai	5	39.7	51.1	0.0		91.7	84.5	153.1	180.7	50.9		0.0	0.8	736.5
24	Planalto Central	02-ago	5			0.0	3.0	122.0	54.1		66.1	91.6	69.9	10.1	1.0	613.5
25	Ganguelas	02-ago	5		0.0	0.0	1.8	163.5	53.6		69.8	109.4	157.2	40.4	0.0	388.4
26	Bundas e Luchazes	02-ago	5		0.0	0.0	44.0	113.3	57.5		78.0	123.0	211.0	74.5	0.0	554.2
27	Quilengues	03-set	5	0.0		0.0	0.0	88.6	163.0	55.3		83.7	67.0	96.7	84.3	751.5
30	Terras altas da Huila	03-set	5	0.0		0.0	0.0	125.2	133.8	46.2		75.9	66.2	81.8	69.9	663.4
31	Transição centro-sul	03-set	5	0.0		0.0	0.0	154.8	148.4	51.4		91.6	71.2	80.4	55.5	582.4
32	Cuando-Cubango	02-ago	5		0.0	0.0	64.8	154.8	53.0	51.4	71.8	124.2	214.5	115.5	0.0	622.8
33	Gambos	11-mai	5	85.2	52.8	0.0		60.5	81.8	158.5	192.0	67.0		27.8	46.2	798.5
34	Baixa Cunene	07-jun	5	0.0	0.0	0.8	108.4	63.8		63.0	119.0	233.0	244.0	23.8		771.8
35	Cuanhamas	02-ago	5		0.0	0.0	75.5	166.8	55.8		76.2	137.5	235.2	157.2	22.5	856.2
36	Baixo Cubango	02-ago	5		0.0	0.0	111.5	145.0	52.5		71.5	127.5	235.0	171.5	14.5	926.3

Fonte: (MINADER, Plano Nacional Director de Irrigação, Volume VII. Necessidades de água das culturas irrigadas).

Anexo B - Poderes Caloríficos Inferiores (PCI) de alguns resíduos agrícolas.

Resíduos das culturas agrícolas	PCI (Kcal/Kg)
Bagaço da cana-de-açúcar	2130 ¹
Palha da cana-de-açúcar	3105 ¹
Casca do arroz	3200
Palha do arroz	3821
Capim elefante	4200
Palhada do milho	4227
Palha da soja	3487

¹. Considerado o bagaço e a palha da cana colhida in natura, com 50% de humidade

Fonte: Freitas (2016)

Anexo C – Tarifário de consumos de electricidade.

Categorias	CF x pc	Cv x W
Baixa Tensão (BT)		
Doméstica Social I	0	2,46 x W
Doméstica Social II	80	6,41 x W
Iluminação Pública	45,00 x pc	7,05 xW
Doméstica Monofásica	90,00 x pc	10,89 x W
Doméstica Trifásica	100,00 x pc	14,74 x W
Comércio e Serviços	100,00 x pc	14,74 x W
Indústria	100,00 x pc	12,82 x W
Média Tensão (MT)		
Comércio e Serviços	160 x p	11,54 x W
Indústria	160 x p	9,61 x W
Alta Tensão (AT)		
Indústria	115 x p	7,31 x W
Distribuidores	115 x p	7,31 x W

Fonte: IRSEA

Doméstica Social I – O preço de venda de energia eléctrica fornecida a uma tensão inferior a 1 KV, para consumo doméstico com potência contratada até a 1,3 KVA, designada BT – Doméstica Social I é fixada em Kz/KWh 2,46. É aplicada a clientes cujo consumo médio mensal do período a factura seja inferior ou igual a 120 KWh. Será o resultado da aplicação da fórmula seguinte: **$F = 0 + 2.46 \times W$**

Onde:

Variáveis das Fórmulas:



F – É a importância da factura em Kwanzas;

pc – É a potência contratada em KVA;

P – É a ponta máxima de 15 minutos consecutivos, em KW;

W – É o consumo em KWh facturado no período

Anexo D - Tarifário de consumo de água em Angola.

CATEGORIAS		 PLANO TARIFÁRIO DE ÁGUA POTÁVEL DE ANGOLA <small>Instituto Regulador dos Serviços de Eletricidade e de Água</small>																		
		CONSUMO M ³	HUÍLA		BENGO		BENGUELA		BIÉ		CABINDA		C. CUBANGO		C. NORTE		C. SUL		CUNENE	
			Tarifa variável (Kz/m ³)	Tarifa fixa mensal	Tarifa variável (Kz/m ³)	Tarifa fixa mensal	Tarifa variável (Kz/m ³)	Tarifa fixa mensal	Tarifa variável (Kz/m ³)	Tarifa fixa mensal	Tarifa variável (Kz/m ³)	Tarifa fixa mensal	Tarifa variável (Kz/m ³)	Tarifa fixa mensal	Tarifa variável (Kz/m ³)	Tarifa fixa mensal	Tarifa variável (Kz/m ³)	Tarifa fixa mensal	Tarifa variável (Kz/m ³)	Tarifa fixa mensal
Doméstico Social	0 a 5	109	200	91	200	117	200	109	200	109	200	86	200	109	200	109	200	109	200	
Doméstico escalão 1	5 a 10	150	250	109	250	179	250	131	250	143	250	103	250	172	250	151	250	143	250	
Doméstico escalão 2	≥ 10	210	350	131	260	216	650	144	350	159	350	113	350	206	350	172	350	158	350	
Comércio, serviços	Todo consumo	268	1.050	157	780	237	1.625	165	1.500	181	1.050	129	1.050	227	1.050	194	1.050	181	1.050	
Indústria	Todo consumo	281	1.575	165	1.170	249	1.788	173	1.575	191	1.575	136	1.575	238	1.575	203	1.575	190	1.575	
Chafariz	Todo consumo	100		82		105		98		100		77		100		100		100		
Água Bruta																				
Girafas	Todo consumo	241		149		213		149		163		116		204		174		163		
CATEGORIAS		 PLANO TARIFÁRIO DE ÁGUA POTÁVEL DE ANGOLA <small>Instituto Regulador dos Serviços de Eletricidade e de Água</small>																		
		CONSUMO M ³	HUAMBO		LUANDA		LUNDA SUL		L. NORTE		MALANJE		MÓXICO		NAMIBE		UÍGE		ZAIRE	
			Tarifa variável (Kz/m ³)	Tarifa fixa mensal	Tarifa variável (Kz/m ³)	Tarifa fixa mensal	Tarifa variável (Kz/m ³)	Tarifa fixa mensal	Tarifa variável (Kz/m ³)	Tarifa fixa mensal	Tarifa variável (Kz/m ³)	Tarifa fixa mensal	Tarifa variável (Kz/m ³)	Tarifa fixa mensal	Tarifa variável (Kz/m ³)	Tarifa fixa mensal	Tarifa variável (Kz/m ³)	Tarifa fixa mensal	Tarifa variável (Kz/m ³)	Tarifa fixa mensal
Doméstico Social	0 a 5	86	200	117	250	109	200	109	200	109	200	86	250	95	200	109	200	90	200	
Doméstico escalão 1	5 a 10	98	250	211	400	143	250	143	250	144	250	97	250	100	250	167	250	130	250	
Doméstico escalão 2	≥ 10	105	300	267	760	158	350	158	350	161	350	103	300	117	260	196	350	150	350	
Comércio, serviços	Todo consumo	122	900	287	1.900	181	1.050	181	1.050	183	1.050	120	900	120	780	218	1.050	160	1.050	
Indústria	Todo consumo	128	1.350	301	2.090	190	1.575	190	1.575	192	1.575	126	1.350	123	1.170	229	1.575	137	1.575	
Chafariz	Todo consumo	77		105		100		100		100		77		77		100		77		
Água Bruta				287	3.000															
Girafas	Todo consumo	109		258		163		163		165		108		105		196		117		

Fonte: IRSEA