

**Tecnologias de conversão de energia e suas dimensões: um
modelo conceptual**

Gabriela Rios Lemos dos Santos

Dissertação Final apresentada à
Escola Superior de Tecnologia e de Gestão
Instituto Politécnico de Bragança

Para obtenção do grau de Mestre em
Energias Renováveis e Eficiência Energética

Dezembro 2019

Tecnologias de conversão de energia e suas dimensões: um modelo conceptual

Gabriela Rios Lemos dos Santos

Dissertação Final apresentada à
Escola Superior de Tecnologia e de Gestão
Instituto Politécnico de Bragança

Para obtenção do grau de Mestre em
Energias Renováveis e Eficiência Energética

Orientador: Professor Doutor Luís Manuel Frólén Ribeiro

Dezembro 2019

Dedicatória

**Aos meus pais, Suzana Helena e Victor
Lemos**

Agradecimentos:

Professor Doutor Luís Frólén

Por toda orientação e atenção que tive no desenvolvimento da tese. O incentivo em me fazer acreditar ainda mais no tema que eu queria desenvolver. Serei eternamente grata pelos ensinamentos, toda a paciência que teve, e conselhos em todas as etapas deste mestrado. Levarei para minha vida todo aprendizado que obtive.

Professor Paulo Andrade

Pelo apoio e toda atenção que me deu em cada e-mail enviado. Em ter despertado em mim o interesse pelas Energias Renováveis em suas aulas e ter disponibilizado tantas referências importantes.

Engenheiro Ives Antonini

Em compartilhar tantas referências, e o seu valioso conhecimento sobre o tema.

Minha Família

Meus pais Victor Lemos e Suzana Helena pelas palavras de fôca, de incentivo, e ser um exemplo na minha vida em experiência, simplicidade, coragem, fé e tornar tudo possível. A minha irmã Catarina por toda atenção e amor, eu te amo, e ao meu primo Ednaldo .

Obrigada Família por tanto amor e união.

Amigos

Sara Morgado pela doçura e disponibilidade em corrigir e me ensinar o Português de Portugal

Allan Sousa por esta sempre presente e disposto a me ajudar em todos os momentos que precisei

Ítala Marx, pela correção da tese. Sempre prestativa.

Aos colegas do Instituto Politécnico de Bragança, por toda ajuda, Luis Miguel Pires, Paulo Henrique Vasconcelos, Ana Carolina Kulik, Camila Fonsceca e Letícia Morato.

Prefácio

Uma jovem nascida e criada numa pequena cidade no Litoral da Bahia, cresci a querer compreender alguns acontecimentos naturais que observava ao longo dos anos, com os animais, plantas, o clima na região em que vivia e a influência da população nisso tudo. Depois da conclusão da primeira Licenciatura em Ciências Biológicas, e com uma formação mentalmente ambientalista fui trabalhar no resgate e reabilitação de animais como uma condicionante ambiental (medida de mitigação para os efeitos da exploração do petróleo) para grandes empresas petrolíferas. O pensamento evoluiu e as minhas ideias foram melhorando e modificando. Comecei a observar os impactos sociais e ambientais existentes, a resistência que existia nos pensamentos da população sobre as explorações dos recursos e a preocupação e comprometimento ambiental dessas grandes empresas petrolíferas que trabalhei.

Deste modo, despertou em mim o interesse em seguir uma especialização que avaliasse o impacto ambiental e a recuperação de áreas degradadas, com a intenção de encontrar e ter mais conhecimento sobre a forma menos impactante e mitigadora, nas atividades antrópicas. Com esta especialização conheci um pouco mais sobre estudos para instalação de parques eólicos. Assim surgiram alguns trabalhos com análises ambientais e autorização de licença ambiental municipal, que me permitiu entender um pouco mais sobre a necessidade de alguns grandes impactos no setor da implantação de novas tecnologias, construção, produção de eletricidade. Iniciei a Licenciatura em Engenharia Eletrotécnica, e a partir desse momento surgiu a admiração, a curiosidade, ainda mais dúvidas e um interesse em energias renováveis. Rapidamente, surgiu a oportunidade do mestrado em energias renováveis e eficiência energética. Procurei neste trabalho esclarecer as curiosidades que tenho, e encontrar respostas para perguntas que faço sobre: o clima e o ambiente antes da exploração de energia, as oportunidades de cada setor na linha do tempo, o pensamento dos profissionais de cada área e o interesse que é divulgado.

Com o texto apresentado, tive a oportunidade de desenvolver a minha tese, com o intuito de esclarecer as minhas dúvidas, e divulgar esta informação para todos que, como eu, possuem os mesmos pensamentos, com todas as informações recebidas sobre o tema.

Resumo

Este trabalho desenvolve um modelo conceptual em formato de uma matriz multidimensional que consiste em um formato com n-linhas, m-colunas e p-dimensões. As linhas correspondem às entradas da energia com os recursos renováveis ou não renováveis. Os recursos naturais renováveis abordados neste trabalho foram: solar, eólica, hídrica, biomassa geotérmicos e oceânica. Os recursos naturais não renováveis são: petróleo e nuclear. A leitura das colunas mostra a saída ou os serviços fornecidos, o qual foram abordados eletricidade, calor e trabalho mecânico. A referência cruzada entre recursos (linhas) e serviços (colunas) corresponde a uma célula dentro da matriz. Que por sua vez pode combinar diferentes tecnologias de conversão energética com algum grau de maturidade. Cada célula foi avaliada não apenas pelo serviço prestado, mas também pelas diferentes dimensões associadas a esta: impactos socioambientais, riscos, custo (serviço), custo (instalação), emissão de CO₂ e eficiência energética das tecnologias.

Esta estrutura utilizada na pesquisa, ajudou a definir o problema e os objetivos, realizar uma revisão da literatura, elaborar uma metodologia e coleta de dados, de modo claro e didático para a compreensão de todos.

As informações apresentadas nesta matriz tornam-se mais didáticas e mais simples para o entendimento.

Palavra chave: Matriz Multidimensional, Fontes de energia, Serviços, tecnologias de conversão, Modelo conceptual.

Abstract

This work develops a conceptual model in the form of a multidimensional matrix that consists of a n-row, m-column and p-dimension format. The lines correspond to energy inputs with renewable or non-renewable resources. The renewable natural resources addressed in this work were: solar, wind, hydro, geothermal and oceanic biomass. Nonrenewable natural resources are: oil and nuclear. The reading of the columns shows the output or services provided, which covered electricity, heat and mechanical work. The cross-reference between resources (rows) and services (columns) corresponds to a cell within the matrix. Which in turn can combine different energy conversion technologies with some degree of maturity. Each cell was evaluated not only for the service provided, but also for the different dimensions associated with it: social and environmental impacts, risks, cost (service), cost (installation), CO2 emissions and energy efficiency of technologies.

This structure used in the research helped to define the problem and the goals, carry out a literature review, develop a methodology and data collection, in a clear and didactic way for everyone's comprehension.

The information presented in this matrix becomes more didactic and simpler to understand.

Keyword: Multidimensional Matrix, Energy sources, Services, conversion technologies, Conceptual model.

Índice

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Enquadramento	1
1.2	Objetivos.....	1
1.3	Organização dos capítulos	2
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1	Estado da arte.....	3
2.2	Meio ambiente:	5
2.3	Recurso Natural	10
2.3.1	Solar (A)	10
2.3.2	Eólica (B).....	12
2.3.3	Hídrica (C).....	15
2.3.4	Biomassa (D):.....	16
2.3.5	Geotérmica (E)	19
2.3.6	Oceânica (F)	20
2.3.7	Petróleo (G)	21
2.3.8	Nuclear (H).....	22
2.4	Serviços.....	23
2.4.1	Eletricidade (1)	23
2.4.2	Calor (2).....	24
2.4.3	Trabalho mecânico (3).....	25
3.	MATERIAIS E MÉTODOS	27
3.1	Modelo conceptual.....	27
3.2	A Matriz Multidimensional	28
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
4.1	Tecnologias de Conversão de Energias	33
4.1.1	Tecnologias: A1, A2 e A3	35
4.1.2	Tecnologias: B1, B2 e B3.....	40
4.1.3	Tecnologias: C1, C2 e C3.....	45
4.1.4	Tecnologias: D1, D2 e D3	48
4.1.5	Tecnologias: E1, E2 e E3	52
4.1.6	Tecnologias: F1, F2 e F3	54
4.1.7	Tecnologias: G1, G2 e G3	55
4.1.8	Tecnologias: H1, H2 e H3	58

4.2	Dimensões.....	59
4.2.1	Impactos socioambientais.....	59
4.2.2	Riscos oferecidos:.....	67
4.2.3	Custo (Serviço e Instalação).....	70
4.2.4	Dimensão: Emissão de CO ₂	73
4.2.5	Dimensão: Eficiência das tecnologias de conversão.....	74
4.3	Discussão e considerações finais.....	75
5	CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS.....	77
5.1	Conclusão.....	77
5.2	Trabalhos futuros.....	77
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	79

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ciclo biogeoquímico do carbono, com os estoques e fluxos anuais (em gigatonelada de carbono, Gt/C). (Fonte: MARTINS, 2003).	6
Figura 2: Limite de emissões de GEE para Portugal (Fonte: APA, 2011).....	7
Figura 3: Rotação da Terra e a radiação solar nas quatro estações do ano (fonte: MAGNOLI, 1998).....	10
Figura 4:Radiação solar (VIANA, 2010)	11
Figura 5:Coordenadas do Vetor superfície-sol (CASTRO, 2011)	12
Figura 6:Sistema idealizado de distribuição de pressão e vento na superfície terrestre (Fonte: DIAS, 2016).....	13
Figura 7:Recursos da biomassa, tecnologias de conversão e produto final (REN21, 2018).....	17
Figura 8: Rodas de maquinário agrícola (1556), inclinada, horizontal e vertical (Fonte: SMIL, 2008b)	26
Figura 9:Esquema ilustrativo do objetivo do Modelo Conceptual.....	28
Figura 10:Estrutura tridimensional do modelo.....	31
Figura 11: Estrutura Fotovoltaica, (a) Células, (b) Módulo e (c) Painel.....	36
Figura 12:Tecnologia de conversão fotovoltaica, Modelo Torre Solar.....	37
Figura 13:Tecnologia de conversão Fotovoltaica, modelo Calha Parabólica.....	38
Figura 14: Tecnologia de conversão Fotovoltaica, modelo Disco parabólico	38
Figura 15: Estrutura do coletor Solar	39
Figura 16: Demonstração da tecnologia Fotovoltaica para bombeamento de água	40
Figura 17: Esquema de conversão de energia elétrica.....	41
Figura 18: Turbinas de eixo horizontal com diferente numero de pá (ERESE, 2019)...	42
Figura 19:Aerogerador de eixo Horizontal (a) e eixo vertical (b) (fonte: (a) arquivo pessoal do autor, (b) desconhecido, Pinterest, 2019)	42
Figura 20:Moinho de vento para bombeamento (Fonte: GRIPE, 1999)	44
Figura 21: Roda D´água horizontal (Fonte: SMIL, 2008b).....	46
Figura 22: Roda D´água vertical (SMIL, 2008b)	47
Figura 23:Tipos de tecnologia para geração de serviços, utilizando a Biomassa (REN21, 2018).....	48
Figura 24:Central Termoelétrica utilizando Biomassa (FONTE: REN21, 2018)	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Componentes e Percentual do Petróleo [Adaptada: (THOMAS, 2001)]	21
Tabela 2: Modelo da Matriz Multidimensional (Recurso natural, serviços e tecnologias de conversão).....	30
Tabela 3: Tecnologias de conversão energética	34
Tabela 4: Classificação de usina Hidroelétrica de pequena escala por MW	45
Tabela 5: Dimensão de Impactos socioambientais Positivos	59
Tabela 6: Dimensão de Impactos Socioambientais Negativos	62
Tabela 7:Dimensão de Riscos.....	67
Tabela 8: Custo médio mundial, serviço oferecido [Adaptada: (IRENA,2018; IEA, 2019a)]......	71
Tabela 9: Custo total Médio Instalado Mundial [Adaptado: (IRENA, 2018; IEA, 2019a)]......	71
Tabela 10: dimens.....ão referente a emissão de Dióxido de carbono (CO ₂) [Adaptado: RAADAL,2011; WANG, 2012]......	73

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento

A população em geral tem pouco acesso a informação precisa sobre as energias renováveis. Fabricantes de tecnologia, promotores de serviços ou grupos ambientalistas possuem diferentes tipos de interesses e apresentam as informações de modo a promover as suas próprias ideias. Em alguns casos, informações relevantes são propositalmente omitidas para promover agendas alternativas. Deste modo, é um problema para as pessoas, que ainda não possuem idéias completamente formuladas sobre os recursos renováveis, terem acesso a informações curadas sobre as tecnologias de conversão e os respectivos serviços utilizados.

Os olhares do mundo estão cada vez mais voltados para as energias renováveis, e são diversos os fatores que contribuem para esta tendência. Compromissos assumidos por governos para a redução das emissões de gases de efeito estufa, e a procura de uma solução para as alterações climáticas, as dúvidas da sociedade quanto ao uso de energia fóssil e nuclear, o aumento da segurança e independência energética encontram-se entre as dúvidas e debates sobre o tema. O uso de um modelo conceptual poderá permitir a distinção entre conceitos e a organização de ideias para facilitar e orientar a comunicação entre as partes envolvidas nesta discussão. Pretende-se que as pessoas se sintam confortáveis esse modelo conceptual para discutir o tema.

Existem diversos mitos e afirmações sobre a produção de energia que não se concretizam ou estão longe de serem uma verdade como SMIL (2013) afirma, destacando as novas fontes de energia e inovação tecnológica, a real necessidade do combustível fóssil, e a solução para as alterações climáticas com o sequestro do carbono. As fontes de energias renováveis são uma excelente opção em diferentes situações, mas não são a solução para “salvar” o mundo.

Existem realidades onde se sabe que as grandes transições de tecnologias e descobertas demoram várias gerações para realmente serem comprovadas (SMIL, 2013), e atingirem algum grau de maturidade.

1.2 Objetivos

Com o problema apresentado, tem-se como objetivo principal desenvolver um modelo conceptual para organizar a informação relativa as tecnologias de conversão de energias renováveis. Este modelo é expresso através de uma matriz multidimensional, com a correlação entre os recursos naturais (renováveis, fósseis e nuclear), os serviços

oferecidos (eletricidade, calor e trabalho mecânico), identificando as principais tecnologias de conversão utilizadas.

Outro objetivo é explorar as dimensões, além das técnicas, de cada tecnologia. As abordadas neste trabalho foram: impactos socioambientais, riscos, custo (serviço e instalação), emissão de CO₂ e eficiência nas tecnologias de conversão. Por ser socialmente mais relevante nesta tese foi dado prioridade à coluna referente ao serviço de eletricidade.

Deste modo, neste trabalho foi desenvolvido um modelo conceptual em formato de uma matriz multidimensional, com a finalidade didática, simples e esclarecedor, para que o tema desta tese consiga ser compreendido por todos os leitores que ainda possuem alguma ideia ou conceito equivocado por conta de fontes com algum tipo de interesse. Outro fim é o de orientar políticos e a população sobre a melhor e mais adequada escolha da tecnologia a ser implementada.

1.3 Organização dos capítulos

A tese está organizada em 5 capítulos. O Capítulo 1 é referente a introdução, tem como objetivo apresentar um enquadramento, a motivação, a justificativa, os objetivos e a relevância deste trabalho.

No Capítulo 2, revisão bibliográfica, apresentam-se os fundamentos teóricos da literatura, como o estado da arte, e os tópicos dos recursos naturais e serviços oferecidos pelas tecnologias de conversão de energia.

Os materiais e métodos são abordados no Capítulo 3, onde se descreve a metodologia que foi aplicada para o desenvolvimento desta dissertação, abordando a modelação conceptual e a matriz multidimensional que foi construída para ser utilizada.

O Capítulo 4, os resultados, reúnem os dados pesquisados e recolhidos durante o período de estudo, englobando-os em tecnologias de conversão (células da matriz) e as suas dimensões, além das considerações finais.

Por fim, no Capítulo 5, são as conclusões e trabalhos futuros, apresenta os tópicos das conclusões deste trabalho e as perspectivas de trabalhos futuros.

CAPÍTULO 2

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Estado da arte

A sociedade humana primitiva já utilizava a energia solar para sobreviver, de modo direto ou indireto. A água e o vento para movem moinhos e a lenha (biomassa) era utilizada para gerar calor (SMIL, 2008a).

Dentre as diversas tecnologias primogénitas, as rodas d'água foram o conversor de possibilidades produtivas no período pré-industriais mais eficientes. Esta tecnologia abriu novas possibilidades, principalmente na mineração e na metalúrgica. As rodas d'água eram um elemento da superioridade técnica da Europa e, durante os primeiros estágios, também foram os principais impulsionadores da industrialização europeia e norte-americana (SMIL, 2008b).

Numa linha evolutiva das conversões de energia, o petróleo e outros derivados despertaram ainda mais a evolução da população (SMIL, 2008a).

Outro equipamento que deu início a outras eras de grandes tecnologias foram as máquinas horizontais com velas montadas no eixo vertical (capazes de girar mós sem engrenagens), onde o vento sobre as velas oferecia um melhor poder e eficiência (SMIL, 2008b). Durante mais de sete séculos, no início do século XII na Europa, os moinhos de vento contribuíram consideravelmente para a intensificação gradual da vida económica ocidental.

No século XVIII, durante e após a revolução industrial, ocorreram muitas mudanças no contexto industrial e do desenvolvimento. O carvão destacou-se e tornou-se uma mais valia, sendo o primeiro e mais poderoso combustível fóssil no processo da revolução, juntando-se ao petróleo (THOMAS, 2001). Essas fontes, abundantes e com baixo custo, foram responsáveis por satisfazer o crescente consumo energético (calor, transporte e eletricidade), posteriormente juntando-se o gás natural (CASTRO, 2011).

O petróleo, o carvão, a nuclear, o gás, e as fontes tradicionais começaram a dividir o cenário com essas novas tecnologias, principalmente os países mais industrializados (CASTRO, 2011).

Durante a 2ª Guerra Mundial com a elevada procura por combustível, estimulou-se a produção de etanol (biocombustível). Porém, com o preço muito mais baixo da gasolina com chumbo e a refinação do óleo cru não houve espaço posteriormente para o desenvolvimento desse biocombustível (SMIL, 2013). Esta situação alterou-se na época das crises do petróleo (1973 e em 1979), onde, tanto a população quanto os políticos, até uma determinada altura, nunca se tinham preocupado com disponibilidade de fontes de energia, até esta primeira crise energética ou a primeira crise petrolífera entre 1973 e 1974. Esse grande aumento no preço do petróleo foi determinado pela Organização dos países exportadores de Petróleo (OPEP) e não pela escassez do petróleo. Esse acontecimento coincidiu com uma crescente preocupação com a consciencialização ambiental global, encontrando meios para mitigar a poluição e a degradação ambiental.

Durante os anos que antecederam a crise energética, e mesmo depois de a superada, muitas oportunidades viradas para os novos recursos (renováveis) foram perdidas ou tiveram alguma falha em prosseguir devido ao custo do petróleo e a outros interesses na época (SMIL, 2013). Uma das oportunidades não desenvolvida foi por volta de 1985, onde se teve o mérito em duplicar a eficiência média dos automóveis, não sendo, porém, prosseguida. Isso aconteceu pela súbita redução do preço do petróleo, e a reintrodução de elevada quantidade de automóveis ineficientes agravaram ainda mais a falha irresponsável desta oportunidade de continuar a aumentar a eficiência média nos serviços de transporte. Além disso, a preocupação inicial quando o preço do combustível fóssil era baixo, era exclusivamente econômica, não havendo preocupações ambientais.

Já no início do século XXI, quando o preço do petróleo voltou a subir, é que as preocupações com as reservas voltaram a surgir, o preço de aproximadamente 16 Dólares o barril nos anos 90, chegou a 30 Dólares o barril em 2004 e aproximou-se dos 40 Dólares em 2005, chegando a atingir 142,27 Dólares por Barril, em meados de 2008 (SMIL, 2013; JACKSON, 2006).

Assim surgiu também a necessidade pela diversificação por outras fontes para produção de energia elétrica, dando a oportunidade de os recursos mais antigos voltarem a ser explorados e estudados para a aplicação de novas tecnologias. Esta oportunidade uniu com os entusiastas e fanáticos das energias renováveis, assim rejeitando e denegrindo outras fontes que não sejam renováveis, e divulgando que essas fontes iam resolver os problemas do mundo (SMIL, 2013). Juntamente com a necessidade de assegurar a diversidade de energia, e a preocupação em encontrar o sustentável (CASTRO, 2011).

Os combustíveis fósseis representam, desde a revolução industrial, um papel fundamental no desenvolvimento tecnológico, social e econômico. Atualmente estes recursos mantêm a sua posição dominante, sendo as fontes mais utilizadas para satisfazer a procura energética a nível mundial (SMIL, 2013).

Segundo estudos realizados pela IEA (2010), prevê-se que o consumo de energia primária mundial irá aumentar cerca de 36% entre 2008 e 2035. Deste modo é possível justificar a procura por outras fontes alternativas.

Quando se fala em energias renováveis, refere-se a elevada quantidade de tecnologias que podem oferecer serviços de energia como eletricidade, aquecimento ou arrefecimento, e transporte (CASTRO, 2011).

O consumo mundial de energias renováveis no subsector de eletricidade, apontava em 2008, que 69% correspondem a combustível fósseis, nuclear com 13% e as renováveis com 18% (CASTRO, 2011).

O crescimento na implantação e produção de energia renovável continua a subir, graças a vários fatores como o aumento do acesso ao financiamento, as preocupações com segurança energética, o meio ambiente e saúde humana, a crescente necessidade por energia em economias emergentes e em desenvolvimento, a necessidade de acesso a eletricidade e iniciativas políticas dedicadas e metas ambiciosas. Cada vez mais, os governos subnacionais estão a tornar-se líderes em iniciativas de energia renovável e eficiência energética, e os governos nacionais, em alguns países, estão a se afastar dos papéis de liderança (REN21, 2018).

O investimento global em energias renováveis e combustíveis em 2017 totalizou USD 279,8 mil milhões (excluindo centrais hidrelétricas maiores que 10 megawatts (MW)), um aumento de 2% em relação a 2016, mas 13% abaixo da alta histórica de 2015. Quase todo o investimento foi em energia solar fotovoltaica (57%) e energia eólica (38%) (REN21, 2018).

Algumas empresas de petróleo e muitas outras empresas de energia também começaram a investir em sistemas de distribuição de acesso as energias renováveis com o programa DREA – Distribution Renewable for Energy Access.

Estes programas (DREA) são sistemas de base renovável, sistemas autônomos, que geram e distribuem energia independentemente de uma rede elétrica centralizada. Os sistemas fornecem também uma ampla gama de serviços. Esses sistemas representaram cerca de 6% das novas conexões de eletricidade em todo o mundo entre 2012 e 2016, principalmente nas áreas rurais (REN21, 2018). Em alguns países, a DREA desempenha um papel fundamental no atendimento às necessidades de energia e na sobrevivência de milhões de pessoas que vivem em áreas rurais e remotas. Por exemplo, cerca de 13% da população de Bangladesh ganhou acesso à eletricidade através de sistemas solares fora da rede, enquanto 51% da população fora da rede do Quênia é atendida por sistemas DREA (REN21, 2018)

2.2 Meio ambiente:

Segundo a convenção Quadro das Nações Unidas para as Alterações Climáticas (UNFCCC, 2003), os principais gases responsáveis pelo aumento do efeito de estufa são: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorcarbonetos (HFC), perfluorcarbonetos (PFC), e hexafluoreto de enxofre (SF₆). O total de emissões de carbono através da combustão de combustíveis fósseis e queima de gás natural em 2005 foi de 7,7 mil milhões de toneladas, enquanto a produção líquida primária fixou 57 mil milhões de toneladas de carbono em terra e 57 mil milhões nos oceanos (por ciclos naturais). A grande maioria do total da produção líquida primária da biosfera é devolvida à atmosfera através da decomposição e dos incêndios.

A presença do CO₂ na natureza exerce um dos papéis mais importantes para o equilíbrio ecológico, como exemplifica o ciclo do carbono.

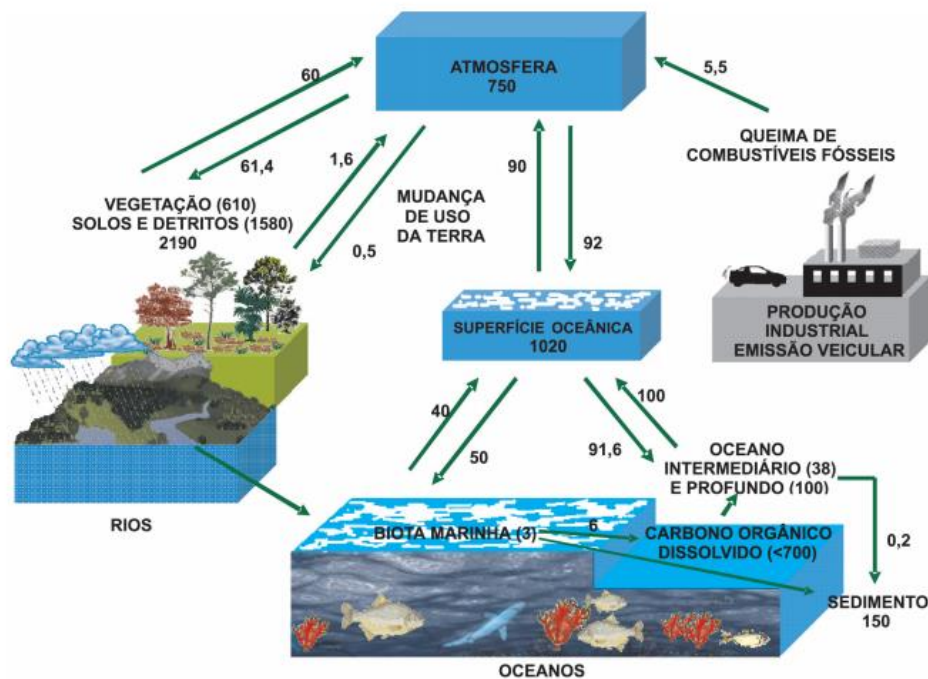


Figura 1: Ciclo biogeoquímico do carbono, com os estoques e fluxos anuais (em gigatonelada de carbono, Gt/C). (Fonte: MARTINS, 2003).

A Figura 1 apresenta o processo o qual o carbono é absorvido da atmosfera, processado na litosfera pelas plantas, florestas e animais e na hidrosfera (oceanos) pelas algas, plânctons e outros organismos e devolvido com a queima, respiração, decomposição, etc. As plantas realizam a fotossíntese, utilizando a água e o CO_2 para manter o seu ciclo de vida, porém na decomposição parte do gás é devolvido a atmosfera. Este ciclo é responsável por aproximadamente 120 mil milhões de toneladas de CO_2 captado pelas plantas, e devolvido a atmosfera aproximadamente 65 mil milhões de toneladas por ano.

O crescimento das emissões de CO_2 foi muito mais rápido nas duas principais economias não incluídas nas metas de redução do Protocolo de Quioto (China e Índia), e o principal facto para este processo foi o crescimento da combustão de carvão e a importação crescente do petróleo (REN21, 2018).

O setor de energia foi o grande responsável por dois terços do crescimento das emissões. Além da China e Índia, os Estados Unidos são responsáveis por mais de metade do aumento de emissões, enquanto alguns países da União Europeia, como a Alemanha, Portugal, França e Reino Unido diminuíram a quantidade de emissões (APA, 2011).

No ano de 2009 foram atingidas 74,6 milhões de toneladas de dióxido de carbono equivalente (CO_2e), o que apresenta um crescimento de 26% relacionando como ano de 1990 (APA, 2011). No âmbito do Protocolo de Quioto, no período entre 2008 e 2012, o qual no ano de 2009 a estimativa dessas emissões em Portugal aponta para um valor cerca de 1% abaixo da meta estabelecida. Assim, provando uma diminuição na contribuição das emissões deste gás na atmosfera, Figura 2, onde se percebe a queda nas emissões de

dióxido de carbono equivalente a partir de 2005, atingindo um valor abaixo da meta delimitada.

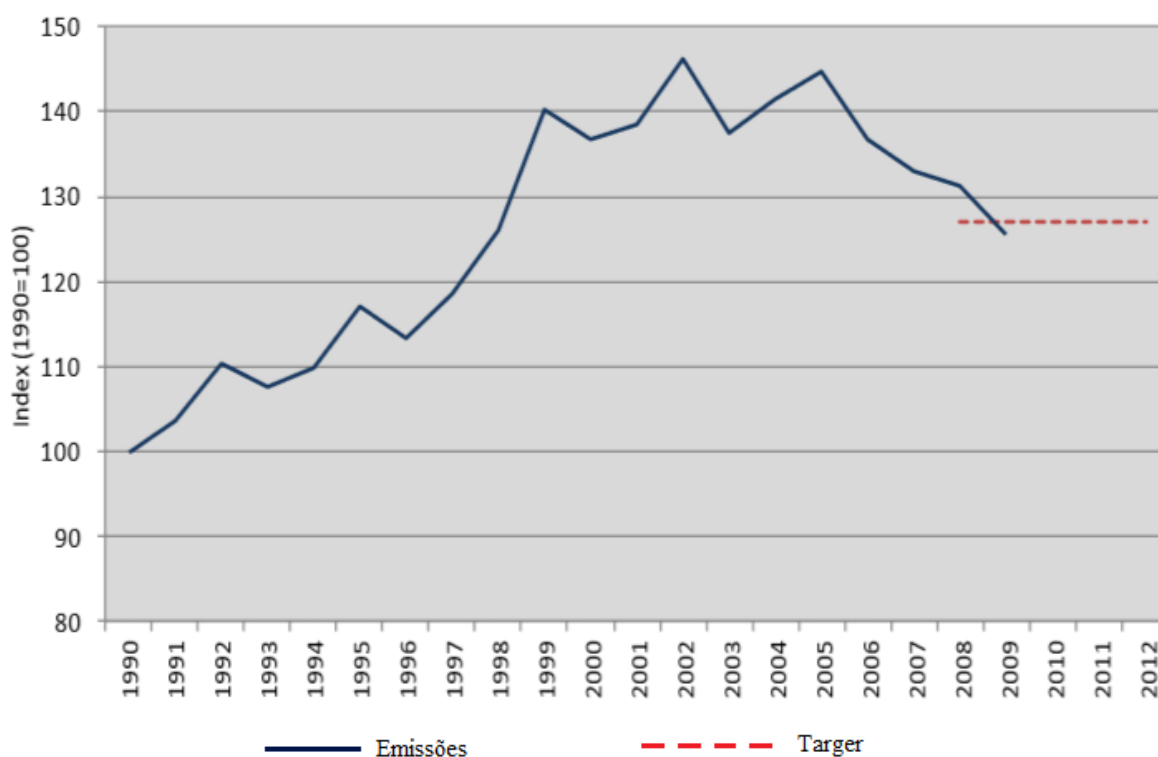


Figura 2: Limite de emissões de GEE para Portugal (Fonte: APA, 2011)

As fontes de emissão, a meteorologia e clima afetam a concentração e a qualidade do ar em cada região. A relação entre a emissão e a concentração ambiental não é proporcional. Geralmente a concentração de um poluente no ar ambiente resulta da soma de muitas fontes contribuintes. Reduzir emissões numa dada percentagem não reduz necessariamente as concentrações no ar na mesma proporção. Por esta razão, as estratégias de controlo de emissões têm de ser adaptadas às condições locais (APA, 2015).

A estratégia de sequestro do carbono é uma alternativa ao facto do crescimento das emissões de CO₂ parecer inevitável. O sequestro do carbono é a captura e a remoção do CO₂ emitido e pode ser obtido por diversos métodos, naturais e artificiais com muita tecnologia envolvida (SMIL, 2013).

Segundo SMIL (2013) o sequestro de carbono é uma solução com elevada esperança de funcionalidade, porém, é muito improvável que durante décadas a seguir se consiga eliminar o CO₂ suficiente para desacelerar a acumulação deste gás na atmosfera.

As fontes de poluentes do ar são numerosas e variadas e podem ter origem natural ou humana.

Os mais comuns poluentes atmosféricos incluem o dióxido de enxofre (SO₂), o azoto (NO_x), monóxido de carbono (CO), compostos orgânicos voláteis (COV), ozono (O₃), amoníaco (NH₃).

O dióxido de enxofre (SO₂), tem como principais fontes a resultante da atividade humana, como o gás produzido na queima de combustíveis fósseis e biomassa, também libertado naturalmente para a atmosfera pela atividade vulcânica. O óxido de azoto (NO_x) produzido nos processos de combustão, é um gás cuja cor varia entre o laranja e o avermelhado, tendo como fontes naturais os incêndios florestais e relâmpagos, além das fontes artificiais que também incluem queima de combustíveis fósseis e de biomassa. Monóxido de carbono (CO), sendo um gás incolor e inodoro, é resultado da combustão de combustíveis fósseis, processos industriais e fontes naturais com incêndios florestais. Os compostos orgânicos voláteis (COV), são precursores primários da formação de ozônio junto ao solo e de partículas que são os principais responsáveis para a formação da névoa/neblina resultante de poluição atmosférica. Por fonte antropogênica considera-se as indústrias químicas e combustão de combustíveis fósseis, por fonte natural, são libertados pela vegetação, pastagem e pântanos.

O Ozônio (O₃), não é emitido diretamente para o ar, mas é criado por reações químicas entre NO_x e COVs (já apresentados anteriormente) na presença da luz solar. O ozônio ocorre naturalmente e é um produto químico importante na atmosfera, uma vez que bloqueia a radiação ultravioleta, mas pode ser nocivo ao solo. O amoníaco (NH₃), ou amônia é altamente reativo, não ficando por muito tempo na atmosfera reagindo para produzir outros poluentes. Aproximadamente 94% das emissões de NH₃ na Europa provêm da agricultura (APA, 2015; CONCAWE, 2019)

Segundo a opinião de Dionísio Gonçalves ⁽¹⁾, e concordando com a publicação de CONCAWE, (2019). Estima-se que a maioria das fontes naturais sejam muito mais significativas do que as de origem antropogênicas.

Outros autores pugnaram pelo facto das principais fontes de emissão de poluentes derivarem de ação antropogênica (CCDRN, 2019), distribuídas pelo, setor do transporte marítimo, aéreo e rodoviário, nas indústrias, e na agricultura. E as derivadas de fonte natural, ações vulcânicas, descargas elétricas, transformação microbiana e spray marinho.

Os gases causadores do efeito de estufa, dióxido de carbono (CO₂) e metano (CH₄), não são considerados poluentes do ar, embora às vezes sejam incorretamente referidos como tal (APA, 2011). A dispersão desses gases atmosféricos, a distribuição dos poluentes na atmosfera, e o grau de dispersão vai depender, das condições ambientais, meteorologias locais, como já foi citado.

O clima da terra é dinâmico e está sujeito a flutuações mais ou menos pronunciadas, que resultam da interação dos subsistemas que compõem o sistema global, compostos pela Atmosfera, Litosfera, Hidrosfera e Biosfera, as quais interagem entre si, formando o clima global e os microclimas que se encontram distribuídos na superfície do globo (GONÇALVES, 2012).

As alterações climáticas, são modificações de grandes períodos de tempo (centenas de anos) (GONÇALVES, 2012). O clima está a mudar sim, mas não na escala e dimensão que é apresentada, muito menos por causa de um vilão (o homem, o combustível fóssil, o CO₂). Mudanças e alterações climáticas perceptíveis num curto período de tempo são consideradas por Dionísio Gonçalves ⁽¹⁾, como flutuações climáticas, essas que por

⁽¹⁾ Em entrevista pessoalmente com Dionísio Gonçalves, 2019

algum fenómeno da natureza gera modificações e após poucos anos voltam à característica local anterior. Algumas flutuações causadas por anticiclones, El Niño, La Niña, entre outros fenómenos naturais.

Quando essas flutuações se tornam permanentes, quer dizer que as condições meteorológicas mudaram de padrão e então presenciamos a alteração climática (GONÇALVES, 2012).

Ao longo do século XIX e XX o clima sofreu um nítido aquecimento global com expressão na primeira metade do século XX, que foi designada Global Warming. Este aquecimento foi interrompido nas décadas de 60 e 70 por um arrefecimento, na época chamado de Global Cooling (GONÇALVES, 2012)

Como é identificado, as flutuações climáticas existem de formas constantes e são muitas vezes identificadas como as chamadas mudanças climáticas. Deste modo, a população mundial desinformada exige soluções imediatas dos meios políticos.

Os desafios e oportunidades, bem como o conjunto de políticas adotadas, variam amplamente entre região e país, e também entre governantes. Em muitos casos, os países adotaram incentivos fiscais adicionais ou mecanismos de finanças públicas, para apoiar as energias renováveis. As políticas de energia incluem tarifas, licitação, medição líquida e padrões de portfólio renovável (REN21, 2018).

Muitos compromissos para o avanço das energias renováveis foram feitos por meio de políticas relacionadas a chamada mudança climática em todo o mundo, que frequentemente apresentam metas específicas de energia renovável e eficiência energética. Metas climáticas cada vez mais ambiciosas em algumas jurisdições exigirão ação em todos os setores de uso final de energia (REN21, 2013).

A interação de políticas, reduções de custos e desenvolvimento de tecnologia tem levado a rápidas mudanças no setor de energia. Regulamentações estão a ser ajustadas, e muitos países estão a introduzir mecanismos projetados para aumentar o investimento, a inovação e o uso de opções tecnológicas chamadas inteligentes, eficientes, e ambientalmente saudáveis (REN21, 2018).

Porém os desenvolvimentos e interferência política tem os seus interesses. Na política, grupos de esquerda e de direita, duas ideologias políticas diferentes.

Há um consenso geral que diz que a ideologia de esquerda inclui, os ambientalistas, os social-democratas, os libertários socialistas, socialistas e comunistas. Já a ideologia de direita inclui os neoliberais, os económico-libertários, os conservadores, os neoconservadores libertários e os monarquistas. Essas ideologias e grupos políticos possuem completo domínio e interesse sobre as decisões e projetos em desenvolvimento de planejamento energético e ambiental.

Como é visto em Portugal, o partido socialista (esquerda), este ano apresentou como prioridade às questões ambientais, tendo em vista o bem-estar e qualidade de vida das pessoas, assegurando importantes mudanças no que respeita à descarbonização, à economia circular e à valorização de território. No domínio da descarbonização, foi aprovado o roteiro para a neutralização do carbono, até 2050, que se traduz num balanço neutro entre emissões de gases com efeito de estufa e o sequestro de carbono pelo uso do solo e florestas.

Independente de política ou ciência, as teorias e hipóteses sobre o tema abordado nesta tese, existem cada vez mais e são a partir delas que se devem desenvolver e encontrar as justificações, incertezas e certezas dos acontecimentos. Mas, ainda se gasta mais dinheiro com pesquisas sobre o aquecimento global, mudanças climáticas e na divulgação de um culpado, do que se deveria gastar com a minimização e mitigação de impactos causados pela exploração e produção de serviços (Dionísio Gonçalves (¹)).

2.3 Recurso Natural

2.3.1 Solar (A)

A fonte de energia proveniente do Sol é responsável pela origem da maioria das outras fontes de energia na Terra. Está relacionada aos processos químicos, físicos e biológicos que dão origem à vida na Terra. E a variação desta energia tem impactos diretos e indiretos no clima.

É através do Sol que ocorre a evaporação e a origem dos ciclos dos rios, além de induzir a circulação atmosférica e a formação dos ventos através da conversão da radiação solar em energia cinética (devido as diferentes latitudes existentes), (PINHO, 2017). A energia que provem do Sol não é renovável, porém é inesgotável tendo em conta o tempo útil de vida do planeta Terra em relação a este (ABES, 2017).

As condições atmosféricas, como a nebulosidade, humidade relativa do ar, a disponibilidade de radiação solar depende da latitude local e da posição no tempo (hora do dia e dia do ano). Isso deve-se à inclinação do eixo imaginário em torno do qual a Terra gira diariamente (movimento de rotação) e à trajetória elíptica que a Terra descreve ao redor do Sol (translação ou revolução), que pode ser observado na Figura 3.



Figura 3: Rotação da Terra e a radiação solar nas quatro estações do ano (fonte: MAGNOLI, 1998)

A radiação solar é todo o fluxo de energia emitido pelo Sol transmitido de forma eletromagnética. É a quantidade dessa energia radiante do Sol que é depositada na Terra, é de aproximadamente 10^{17} J, em um segundo. Assim, numa hora, o Sol entrega à Terra uma energia equivalente a $4,6 \times 10^{20}$ J, a mesma energia que é usada nas atividades humanas num ano (CASTRO,2011).

Estima-se que a radiação emitida pelo Sol que chega a superfície da Terra é de aproximadamente 1300 W/m^2 (QUERINO, 2011; CENTRO DE CIÊNCIA VIVA, 2019).

Irradiância solar é designada a uma potência solar que incide numa determinada área, e é representada pela sigla G e medida de W/m^2 . Esta irradiância pode ser dividida em irradiância direta (G_b) que é os raios solares que vêm diretamente do Sol, e irradiância difusa (G_d), corresponde aos raios que vêm de todas as direções do céu e dispersa pelas partículas constituintes da atmosfera. E quando a irradiância incide numa superfície receptora, e esta estiver inclinada em relação a horizontal, ocorre a irradiância refletida (Figura 4). Já a energia solar que incide em uma determinada área é chamada irradiação solar, sendo representada pela sigla H_i e medido em kWh/m^2 (CASTRO, 2011).

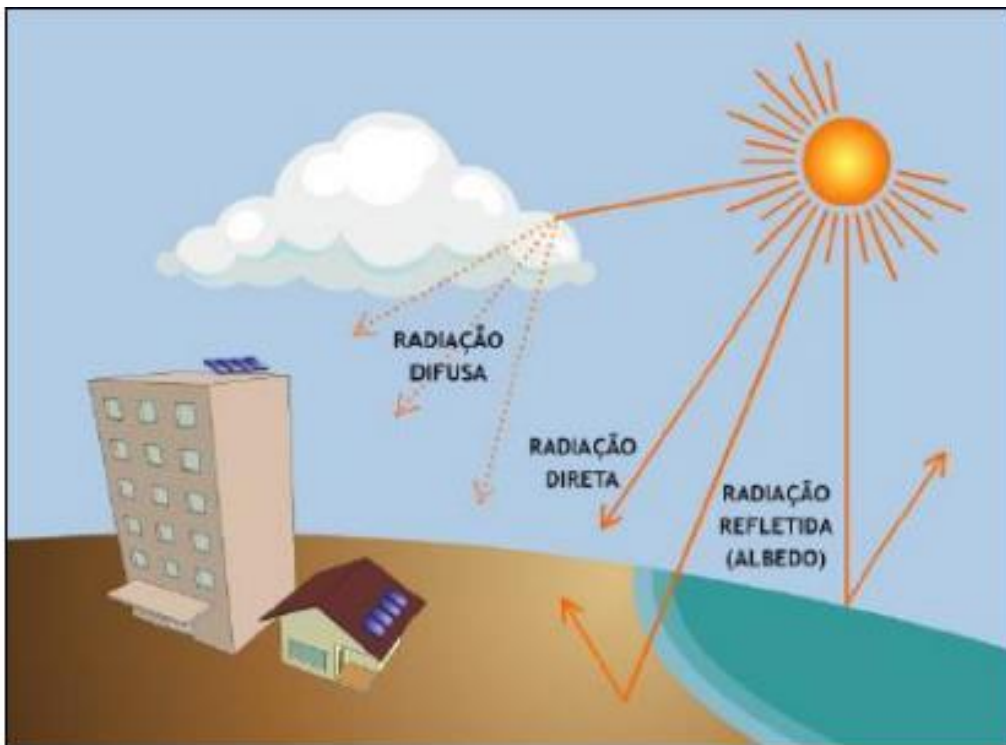


Figura 4:Radiação solar (fonte: VIANA, 2010)

É de grande importância conhecer o ângulo (θ) entre o raio solar e a superfície coletora para um maior aproveitamento da energia solar (Figura 5). Sendo calculado pela quantidade máxima de irradiância que chega a superfície e é reduzida pelo co-seno do ângulo que o sol faz com a normal à superfície (chamado ângulo de incidência θ_i). Assim a irradiância direta numa determinada superfície é calculada pela equação 1, sendo G_{bmax} a máxima da irradiância solar direta:

$$G_b = G_{bmax} \cos \theta_i \quad (1)$$

O vetor superfície-sol (**S**) dever ser definido para se determinar este ângulo de incidência. Já que o vetor depende de uma data, uma hora e uma localização, a partir da Figura 5 é possível definir este vetor.

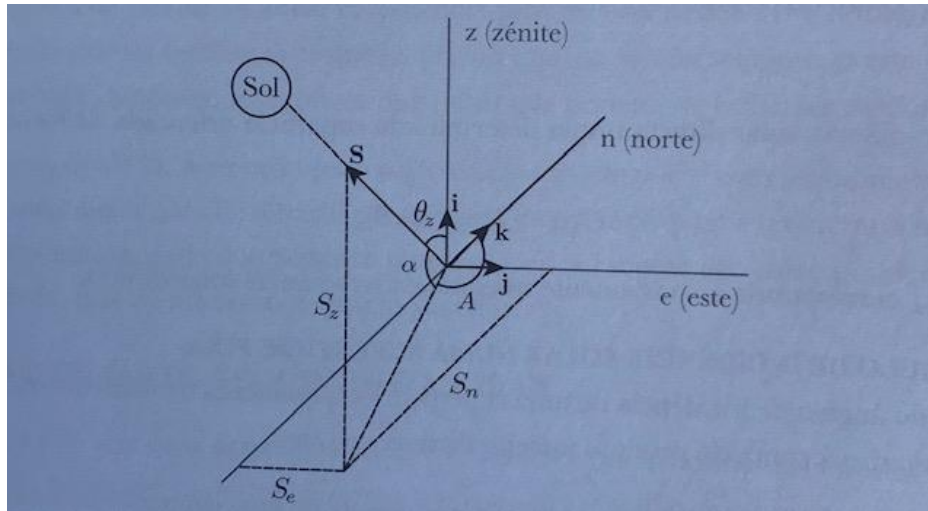


Figura 5:Coordenadas do Vetor superfície-sol (fonte: CASTRO, 2011)

Para definir o **S**:

$$\mathbf{S} = S_z \mathbf{i} + S_e \mathbf{j} + S_n \mathbf{k} \quad (2)$$

Sendo:

$$S_z = \sin \alpha$$

$$S_e = \cos \alpha \sin A$$

$$S_n = \cos \alpha \cos A$$

O ângulo A é denominado azimute e o α corresponde à altura solar.

Algumas formas de utilização da energia proveniente do Sol são a energia solar térmica para aquecimento de fluidos e ambientes, a energia solar fotovoltaica, para produção de eletricidade, por meio de tecnologias de conversão, cuja explicação está presente no Capítulo 2, subtópico 2.3.1. Além disso, o processo químico que está interligado principalmente aos meios de conversão natural desta energia, como por exemplo, a fotólise e a fotossíntese (CASTRO, 2011).

2.3.2 Eólica (B)

A energia eólica teve a sua primeira utilização na navegação pelos egípcios e romanos entre outros povos. Os egípcios utilizavam velas como auxílio para embarcações a remo. Na Antiguidade, tanto na China como na Pérsia, de onde constam os registros mais antigos de máquinas desenvolvidas para o aproveitamento do vento com outros

propósitos em 644 A.C. Nessas sociedades deram início as utilizações dos moinhos de vento, para a moagem de grãos e a irrigação, através do bombeamento de água (DUTRA, 2001).

Segundo SMIL (2008b), a conversão da energia cinética associada ao deslocamento da massa de ar para trabalhos mecânicos tem sido utilizada pela humanidade há aproximadamente 3000 anos. Porém a conversão da energia eólica para eletricidade é algo muito recente, que iniciou há aproximadamente pouco mais de um século

Com origem na radiação solar, os ventos são ocasionados pela diferença de pressão na superfície da terra, devido a radiação solar ser diferente entre as zonas equatoriais e a zona polar (CASTRO, 2011). As correntes de convecção em larga escala ativadas pelos raios solares, ocorrem quando o Sol atinge a Terra, aquece a superfície do solo, e o solo aquece o ar acima dele, transportam calor das latitudes mais baixas para as mais altas. (GIPE, 1993), a ser exemplificado na Figura 6.

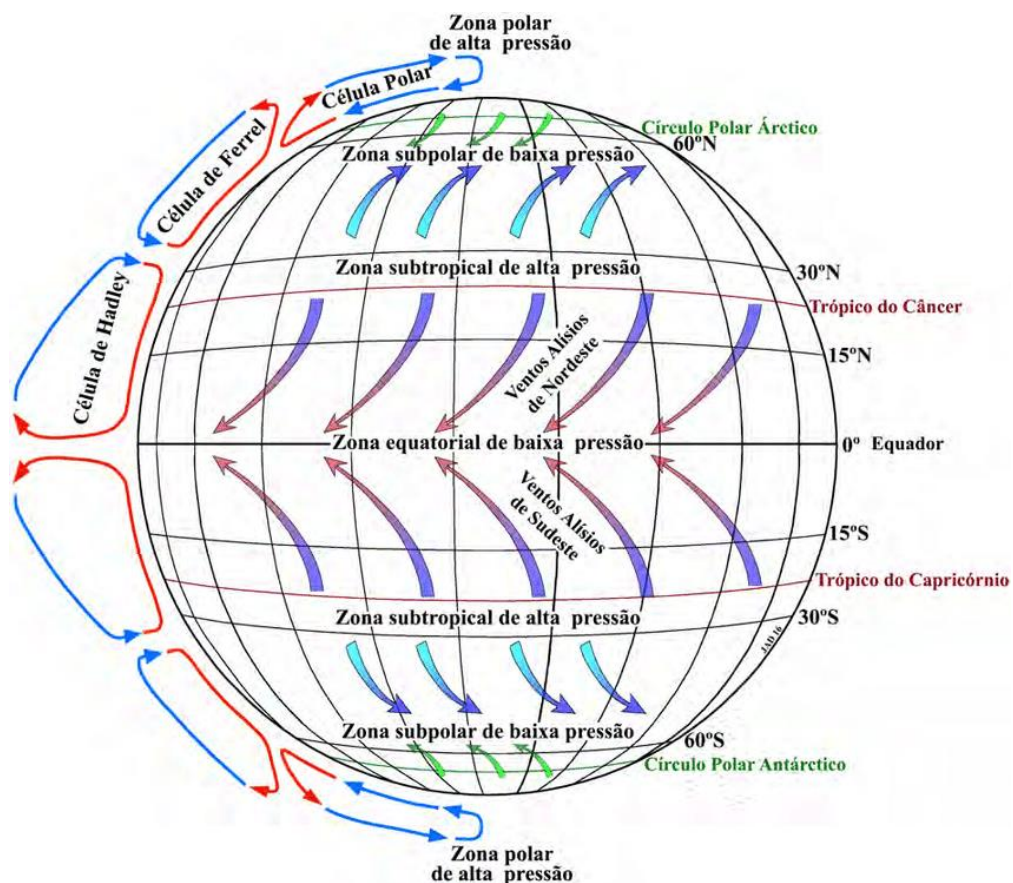


Figura 6: Sistema idealizado de distribuição de pressão e vento na superfície terrestre (Fonte: DIAS, 2016)

O vento torna-se mais forte e mais intenso ao longo da costa devido ao aquecimento que ocorre de modo diferente. Durante o dia, o Sol aquece a Terra muito mais rapidamente do que a superfície da água (a água tem um calor específico mais alto e pode armazenar mais energia do que o solo sem alterar a temperatura). O ar acima da terra é aquecido e sobe, o ar frio flui para a terra, substituindo o ar quente, criando uma

convecção. À noite, o fluxo reverte à medida que a terra arrefece (ocorrendo o vento Maral, do oceano para a terra) (GIPE, 1993).

Dados publicados pela Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, para que a energia eólica seja considerada tecnicamente aproveitável, é necessário que sua densidade seja maior ou igual a 500 W/m², a uma altura de 50 m, o que requer uma velocidade mínima do vento de 7 a 8 m/s.

O vento é estruturado em variação no tempo onde a velocidade e a direção do vento estão constantemente a variar no tempo, e em representação espectral, levando em consideração a turbulência e as variabilidades (CASTRO, 2011).

As características do vento encaram a turbulência como uma perturbação ao escoamento quase estacionário. Esta perturbação refere-se a flutuações na velocidade do vento numa escala de tempo relativamente rápida, tipicamente menos de 10 minutos. A turbulência é gerada principalmente por duas causas: a “fricção” com a superfície da terra, se estende até as perturbações do fluxo causadas por características topográficas, como colinas e montanhas, e os efeitos térmicos que podem fazer com que as massas de ar se movam verticalmente como resultado de variações de temperatura e das variações na densidade do ar (BURTON, 1947). A intensidade da turbulência vai depender da rugosidade da superfície do solo e a altura sobre essa superfície. Também depende das características topografia, como colinas ou montanhas, bem como obstáculos locais, como árvores ou edifícios. Sofrerá influência também da temperatura atmosférica (BURTON, 1947).

Assim, as tecnologias aplicadas a este recurso devem estar sempre localizadas o mais longe possível de árvores, edifícios e outras obstruções para minimizar o efeito da turbulência e potencializar a exposição ao vento.

Para definir a equação fundamental para energia eólica, é necessário delimitar inicialmente, a quantidade de ar (volume), a velocidade do ar (velocidade), a massa de ar (densidade), que flui pela área de interesse (fluxo). A energia dos ventos é a sua energia cinética. Sendo assim, a equação da energia cinética, dada por;

$$KE = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \quad (4)$$

Considerando o fluxo da massa representado pela razão dada na equação 5:

$$\dot{m} = \frac{dm}{dt} \quad (5)$$

E a Mecânica dos fluidos fornecida pelo caudal mássica (densidade*fluxo de volume), como na representação a seguir:

$$\frac{dm}{dt} = \rho * A * v \quad (6)$$

Portanto, a Potência (P) disponível nos ventos é medida com o cubo da velocidade (v^3), a massa volúmica do ar (ρ), e a secção do fluxo (A), referida pela equação a seguir:

$$P = 1/2 * \rho * A * v^3 \quad (7)$$

Uma das características da energia eólica é a medição da energia variar conforme o cubo da velocidade.

Ao dobrar a área interceptada pelo vento numa determinada tecnologia duplica-se a energia disponível. Com a equação da área a seguir:

$$A = \pi R^2 \quad (8)$$

A equação 8 fornece, A - uma área onde é considerada pela tecnologia aplicada, R - o raio (ou diâmetro) da área a capturar o vento, esta equação é fundamental para entender e dimensionar rapidamente qualquer tecnologia de conversão que mais se adapte ao local. O aumento de qualquer um desses fatores, será diretamente proporcional ao aumento da potência disponível do vento.

Como a densidade do ar varia com a temperatura e a altitude, e o ar quente é menos denso que o ar frio. A produção de eletricidade através desta fonte produzirá menos no calor no verão do que no auge do inverno com ventos da mesma velocidade (CASTRO, 2011).

2.3.3 Hídrica (C)

As águas de superfície em movimento, já eram utilizadas por muitas culturas antigas para controlar ou capturar, com o objetivo de gerar algum tipo de serviço. Como ocorria desde os antigos egípcios ao longo do rio Nilo (CASTRO, 2010).

O recurso hídrico decorre do ciclo hidrológico que engloba as precipitações, escoamentos e armazenamentos (CASTRO, 2010).

A bacia hidrográfica é uma área de captação natural da água, o qual a precipitação e escoamento convergem para uma única saída (foz). Além de constituir um conjunto de superfícies de rede de drenagem. Pode ser delimitada desde suas cabeceiras (nascente), até sua foz no oceano ou lagos.

Sobre o território definido como bacia hidrográfica é que se desenvolvem as atividades humanas. Todas as áreas urbanas, industriais, agrícolas ou de preservação (PORTO, 2008). A maior bacia hidrográfica do mundo, a Bacia do Rio Amazonas, que está localizada na América do Sul e desagua no Oceano Atlântico. Embora contenha apenas 2% da área terrestre global, a Amazônia entrega quase 20% da descarga global do rio no oceano (BOYLE, 2003).

A energia potencial disponibilizada por este recurso dá-se com a queda de água sob alta pressão e assim, disponibiliza alta energia cinética. As tecnologias desenvolvidas para produção de eletricidade, necessitam de uma grande queda e muitas vezes são instaladas com o intuito de aumentar a energia potencial da água, com o início da captação da fonte colocada no fundo onde a pressão da água é mais alta, uma vez que água flui por gravidade.

A potência nominal numa tecnologia instalada pode ser estimada por um Caudal que é dado por m^3/s , altura da coluna de líquido (desnível entre montante e jusante) o rendimento global de aproveitamento (depende do caudal e da altura), e o peso volúmico da água ($9810 N/m^3$), ou seja,

$$P=Q.H.\eta.\gamma \quad (9)$$

Onde,

Q = Caudal (m^3/s)

H = Altura (m)

η = Rendimento global

γ = Peso volúmico (N/m^3)

A energia que provem da hídrica, pode ser aproveitada através de diferentes esquemas técnicos em uma mesma tecnologia, porém, o esquema básico para um aproveitamento hídrico na geração de eletricidade deve-se estabelecer um escoamento entre dois locais com cota topográfica diferente: a montante (cota superior) e a jusante (cota inferior). Em uma instalação de baixa capacidade instalada, maioritariamente aproveita desvios topográficos naturais e a localização para a implantação depende das condições orográficas naturais, aproveitando os desníveis existentes (FERNANDES, 2009)

2.3.4 Biomassa (D):

O recurso de biomassa (bioenergia) pode ser identificado a partir de uma ampla gama de matérias-primas de origem biológica, usando vários processos diferentes para produzir eletricidade, calor e combustíveis de transporte (biocombustíveis). Muitas tecnologias de conversão para gerar a bioenergia estão bem estabelecidas e são totalmente comerciais, enquanto outras ainda estão em desenvolvimento, demonstração e comercialização (REN21, 2018).

A Figura 7 ilustra como as subdivisões desde as fontes que o recurso da biomassa oferece e quais as tecnologias mais utilizadas para obtenção energética, além da variedade de produtos gerados.

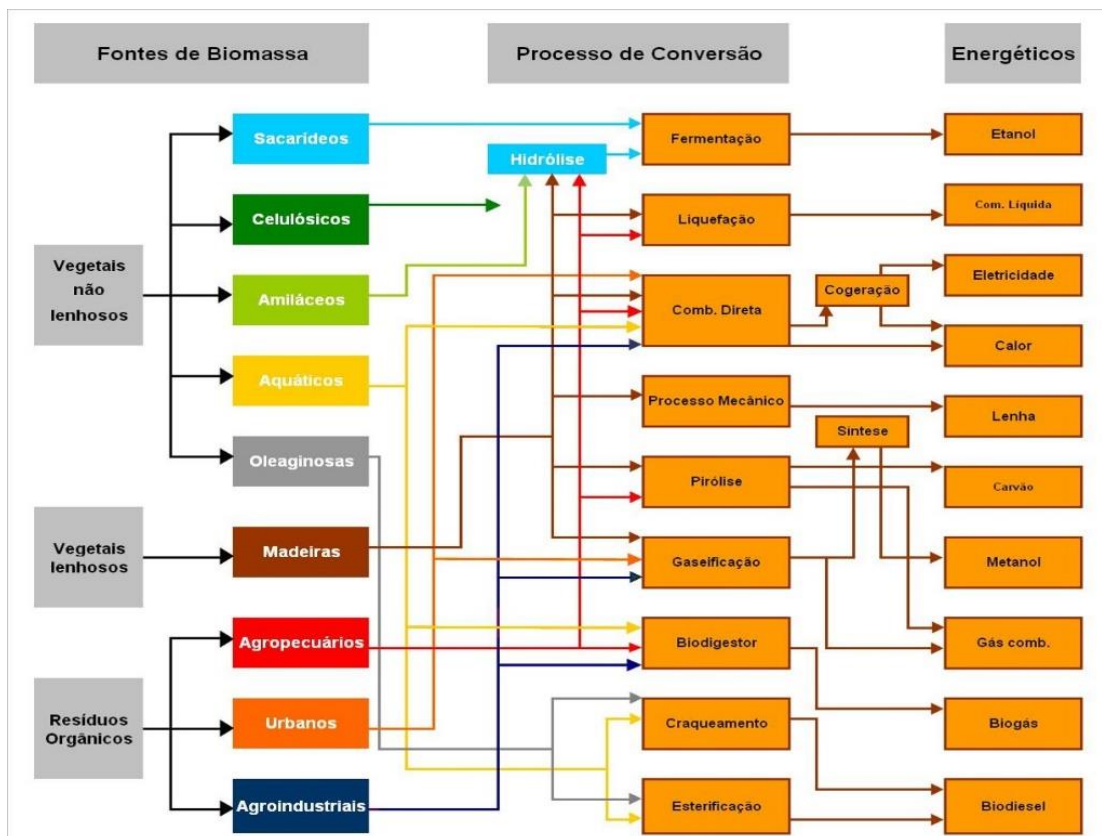


Figura 7: Recursos da biomassa, tecnologias de conversão e produto final (REN21, 2018)

Quando utilizada para fins energéticos, pode ser classificada em três categorias; florestal (também pode ser classificada em biomassa de estilha, biomassa de raízes e biomassa de resíduos), agrícola e resíduos urbanos. E o potencial energético de cada um desses grupos depende tanto da matéria-prima utilizada quanto da tecnologia utilizada no processamento para obtê-los.

Como ilustrado na Figura 7, o leque de recurso primário derivado da biomassa pode oferecer-nos diferentes tipos de combustíveis para os mais diversos serviços existentes. Estes combustíveis são classificados em gasosos, líquidos e sólidos.

A biomassa sólida tem como fonte os produtos e resíduos da agricultura (incluindo substâncias vegetais e animais), os resíduos da floresta e das indústrias com ela relacionadas, e a fração biodegradável dos resíduos industriais e urbanos (MARQUES, 2015).

A biomassa gasosa, apresenta o biocombustível gasoso que é designado por biogás. O biogás tem origem nos efluentes agropecuários, da agroindústria e urbanos e ainda nos aterros de Resíduos Sólidos Urbanos, RSU (CARNEIRO, 2010).

A biomassa líquida pode existir sobre a forma de biodiesel, etanol ou metanol. Os biocombustíveis líquidos podem ainda dividir-se em biomassa líquida ou em biocarburantes (CARNEIRO, 2010). Os biocarburantes podem ser utilizados em motores ou outros equipamentos de queima.

Nos últimos anos surgiram diversas iniciativas com vistas à produção de eletricidade por meio de sistemas isolados como alternativa à ausência de sistemas interligados.

O Centro Nacional de Referência de Biomassa – CENBIO, tem uma central eletroprodutora que utiliza resíduos de madeira para geração de eletricidade na região da Amazônia, a central consome em torno de 1000 kg/h de resíduos para gerar energia elétrica (200 kW de eletricidade/“bioeletricidade”) e também energia térmica (CENBIO, 2009).

Para estimar o potencial energético disponível a partir da biomassa é dado pelas equações (10).

$$Energia = m.PCI.\eta \quad (10)$$

A equação 10, utilizada para encontrar o valor de energia onde η representa o rendimento de uma tecnologia utilizada e o PCI o poder calorífico inferior do resíduo de biomassa a ser utilizado.

Os biocombustíveis sólidos são os mais utilizados atualmente (REN21, 2014). Estas aplicações derivam da biomassa obtida através de processos físicos simples (biomassa florestal e/ou resíduos) ou por processos de fabrico mais complexos (pellets, briquetes ou resíduos sólidos urbanos) (CARDOSO, 2012). Porém o uso da lenha (para combustão direta), tem diminuído devido ao processo de urbanização, sendo incrementado pela expansão de novas tecnologias da biomassa e por derivados do petróleo (NOGUEIRA, 2003).

No início do século XX no Brasil, houve várias tentativas da indústria de açúcar de produzir etanol a partir dos excedentes da produção de açúcar, para ser utilizado como biocombustível, especialmente devido ao alto custo das importações de gasolina na época. Os impactos do choque do petróleo de 1973 sobre o equilíbrio de pagamentos e sobre a inflação motivou, em novembro de 1975, o Programa Nacional do Álcool no Brasil – Proálcool (WALTER, 2013), como um combustível alternativo ao uso da gasolina.

O etanol obteve seu valor pelo seu conteúdo energético e seu valor aditivo. O valor do aditivo deriva do fato de que o etanol tem octanagem muito mais alta (112) do que a gasolina padrão (87), e seu conteúdo de oxigênio é maior que o da gasolina, portanto misturas de etanol e gasolina libertam menos poluentes do que a gasolina sozinha (TYNER, 2008).

A primeira meta estabelecida pelo governo brasileiro foi a substituição de 20% da gasolina consumida no país (essa meta foi alcançada no início de 1980). No final da década de 1970, o governo federal brasileiro mandou a mistura de etanol anidro na gasolina (combina até 25%) e incentivou as montadoras a produzirem motores a funcionar com etanol (100%). A adoção brasileira de regulamentos obrigatórios que determinam a quantidade de etanol a ser misturado à gasolina foi essencial para o sucesso do programa. A motivação era reduzir as importações de petróleo. Embora tenha sido uma decisão tomada pelo governo federal durante um regime militar, foi bem aceite pela sociedade,

setor agrícola e fabricantes de automóveis. Políticas semelhantes estão sendo ciclicamente consideradas por União Européia, Japão e vários estados da os Estados Unidos (LARSEN, 2009).

Em 1985, os preços do petróleo caíram novamente causando um aumento da carga de subsídios e iniciando o processo de estagnação do Proálcool. Durante a década de 1990 o mercado de etanol enfrentou dificuldades (WALTER, 2013). Isso causou uma desregulamentação do mercado de etanol que iniciou em 1991, especialmente devido à falta de apoio do governo.

O programa brasileiro de etanol começou como um maneira de reduzir a dependência de importações de petróleo, mas logo se percebeu que possuía importantes benefícios ambientais e sociais. A conversão ao etanol permitiu a eliminação progressiva dos aditivos de chumbo e MTBE (éter metil-terciário-butílico) e enxofre reduzido, material particulado e emissões de monóxido de carbono. Ajudou portanto a mitigar a emissão de gases de efeito estufa, obtendo um saldo líquido positivo de emissão de CO₂ (RENDLEMAN, 2007).

Muitos países começaram a procurar estabilidade energética, especialmente após a crise do petróleo na década de 1970, que acabou com um combustível abundante e de baixo custo. Nesse contexto, os biocombustíveis são considerados uma alternativa atraente dos aspectos econômicos, sociais e pontos de vista ambientais. Para a União Europeia, as principais motivações do desenvolvimento de biocombustíveis são garantir a segurança energética, reduzir as emissões de gases de efeito estufa (GEE) e promover o desenvolvimento da agricultura (RENDLEMAN, 2007).

Enquanto no Brasil o etanol é obtido maioritariamente da cana-de-açúcar, nos EUA o etanol é obtido a partir principalmente do milho. O governo americano fornece subsídios tanto à venda quanto à mistura do etanol com gasolina. São dois os principais mecanismos: VEETC e Small Etanol Producer Credit. No sistema VEETC (Volumetric Etanol Excise Tax Credit), é oferecido um crédito de imposto sobre o volume de etanol produzido e registado, para se ter direito a receber o crédito no valor de US\$ 45 centavos/galão (USD 12 centavos/L). O outro sistema é o Small Etanol Producer Credit, que é um crédito para pequenos produtores de etanol. Através desse mecanismo, os produtores com capacidade anual máxima de 60 milhões de galões podem, em complementação ao VEETC, ter crédito de USD 0,10/galão (USD 2,6 centavos/L), totalizando um crédito de USD 55 centavos por galão (MAFIOLETTI, 2011).

Na Europa, grande parte dos veículos possuem motores a diesel, e é um grande consumidor do biodiesel, este podendo ser produzido através de uma grande variedade de plantas oleaginosas como o girassol, colza, e a soja (SMIL, 2013).

2.3.5 Geotérmica (E)

A fonte Geotérmica é proveniente do calor derivado do interior da Terra, e é através de água ou vapor que essa energia é transportada para a superfície. Uma das principais vantagens desta fonte é que não depende das condições climáticas e possui fatores de alta capacidade energética. (IRENA, 2018). Energia geotérmica refere-se à

energia térmica armazenada no subsolo por milhões de anos durante a formação da Terra. A energia geotérmica é específica do local de onde é extraído.

A energia geotérmica pode dissipar-se em qualquer ponto de superfície da Terra, porém alguns pontos da libertação desse calor, ocorre de forma mais intensa nas fronteiras das placas tectônicas.

A utilização deste recurso depende da sua entalpia, que é classificado de acordo com a temperatura do geofluido. Considerando de alta entalpia quando a temperatura é superior ao limite de 100°C a 150°C, esses são preferencialmente utilizados na geração de energia elétrica e os de baixa entalpia com temperaturas inferiores ao limite citado acima, mais utilizado em aplicações diretas para o calor (FERNANDES, 2009).

É um desafio estimar a energia dessa fonte, uma vez que ocorre no subsolo a temperaturas extremamente altas.

Os sistemas geotérmicos variam de acordo com as condições geológicas do local onde estão inseridos. A classificação depende de muitos fatores, e podem ser divididos nas categorias de: campos geotérmicos, água quente, rocha seca e quente, e magma. Estes podendo variar em uma temperatura de 60° - 1400°, e uma profundidade que varia de 1,5 km a 10 km.

O arquipélago dos Açores, em Portugal, são uma região que dispõe de grande potencial em consequência da formação geológica onde se encontra o arquipélago, no encontro de 3 placas tectônicas, apresentando assim uma grande quantidade de energia endógena no subsolo de quase toda região.

2.3.6 Oceânica (F)

Os oceanos cobrem pouco mais de 70% da Terra, armazenam 96,5% da água da Terra, são a fonte de cerca de 86% de toda a evaporação e recebem 78% de toda a precipitação.

O oceano, é o maior reservatório de calor do planeta, um absorvedor ideal e um emissor gradual de grandes quantidades de energia. Tudo isso é possível apenas por causa das propriedades peculiares da água (Denny, 1993). Nomeadamente o calor específico de 1,0 cal/g°C, quatro vezes superior ao do ar, e massa volumica de 1000 kg/m³, 1000 vezes maior o ar

A energia cinética proveniente da água do oceano é derivada das correntes que redistribuem o calor absorvido, as ondas geradas pelo vento, as ondas sísmicas (incluindo tsunamis) e as marés. A energia agregada dos fluxos citados anteriormente é grande, mas a densidade média ou de potência é relativamente baixa, e qualquer conversão comercial terá que se concentrar em áreas excepcionais de correntes fortes, em tempestades, marés com ondas grandes e em marés extraordinariamente altas (SMIL, 2008b).

Os oceanos dominam o equilíbrio energético planetário. Cerca de 80% de toda a radiação interceptada pela Terra entra na atmosfera acima dos oceanos. E os oceanos recebem quase o dobro da energia absorvida por toda a atmosfera e quatro vezes mais do que os continentes (SMIL, 2008b).

Embora ainda em fase de pesquisa e desenvolvimento, e tecnologias sem maturidade suficiente para ser comercialmente viável, não será desenvolvida de modo aprofundado neste trabalho, sendo identificado por: sem destaque.

O recurso renovável proveniente do oceano utiliza marés, ondas e correntes oceânicas para a geração de eletricidade.

2.3.7 Petróleo (G)

A interação da matéria orgânica, sedimentos e condições termoquímicas favoráveis, é fundamental para o início da cadeia de processos que leva a formação do petróleo (THOMAS, 2001). É a constituição desta matéria orgânica e a intensidade dos processos térmicos que atuam com ela, que irão definir o tipo de hidrocarboneto, óleo ou gás que vai ser gerado (THOMAS, 2001).

As reservas desta fonte, segundo os grandes “homens” do petróleo, os Sauditas, podem abastecer o mundo com o suficiente em petróleo para as gerações futuras, porém nunca foram divulgadas as reais reservas, e a quantidade existente (SMIL, 2008a).

Ainda sobre a quantidade disponível, o serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS, 2001), tem apresentado nos seus inventários sempre um aumento no volume das reservas identificadas, e no inventário de petróleo mundial. No ano de 2000 incluiu um aumento de 20% em potencial de petróleo, isto pode apresentar certas implicações para o custo da energia, política e segurança em nível mundial (SMIL, 2013)

Sendo o petróleo uma mistura de compostos químicos orgânicos. Na tabela 1 encontra-se os componentes mais encontrados nessa mistura.

Tabela 1: Componentes e Percentual do Petróleo [Adaptada: (THOMAS, 2001)]

Componentes	Composição (%)
Hidrogénio	11 – 14
Carbono	83 – 87
Enxofre	0,06 – 8
Nitrogénio	0,11 – 1,7
Oxigenio	0,1 – 2
Metais	Até 0,3

A alta percentagem de carbono e hidrogénio existente no petróleo como é ilustrado na Tabela 1, mostra que o principal constituinte do petróleo são os hidrocarbonetos, e podem ser classificados em saturados (também chamados de Alcanos ou Parafinas), insaturados (denominados Olefinas) ou aromáticos (também chamados de Arenos) (PONZONI, 2009).

As reservas de petróleo mundial estão avaliadas numa quantidade de energia de $1,7 \times 10^{22}$ J.

Um barril de óleo equivalente (BOE) é um termo usado para resumir a quantidade de energia equivalente à quantidade de energia encontrada em um barril de petróleo bruto. O BOE equivale a $6,117832 \times 10^9$ J (aproximadamente 1,70 MWh) de energia (CHEN, 2019). Em outros casos o petróleo também pode ser medido em metros cúbicos ou em

toneladas, designada pela unidade TOE, 1 (um) TOE equivale a 42GJ, sendo: 1TOE = 6.841 BOE.

Apenas três países, Arábia Saudita, Rússia e EUA, produzem um terço de todo o petróleo mundial. Mais de 10 milhões de barris por dia são extraídos das reservas da Arábia Saudita, o maior produtor do mundo. Para se obter o recurso do petróleo cru e os seus derivados, são necessárias algumas fases, como a prospecção, exploração, produção, refinamento e assim obtém-se o produto de interesse.

A prospecção é utilizada para estudar e descobrir novos reservatórios, é dispendioso e requer muito tempo, com muitas análises e diferentes tecnologias. É a realização da prospecção com alta tecnologia, que visa fundamentalmente localizar as situações geológicas de acumulação do petróleo (PONZONI, 2009). Um tipo de prospecção utilizada é por métodos sísmicas que consistem na geração de uma perturbação mecânica ao meio (THOMAS, 2001).

O refino de petróleo tem um papel fundamental na cadeia petrolífera, desde a transformação do petróleo cru, em derivados finais comercializáveis que são largamente utilizados em diversos setores, tais como transportes, indústria e geração elétrica e térmica (THOMAS, 2001).

O petróleo cru não tem aplicação direta. A sua utilização exige o processo de refino, do qual se obtém os derivados que são distribuídos a um mercado consumidor pulverizado e diversificado. Assim, além da extração, a cadeia produtiva compreende mais três etapas: transporte do óleo cru (geralmente por oleodutos ou navios), refino e distribuição (entrega dos derivados ao consumidor final, geralmente por caminhões-tanques).

Entre todos os possíveis derivados, destaca-se a gasolina como o principal derivado consumido na frota de automóveis. O aumento das necessidades por destilados médios tem vindo a ser observado em diversos países. No caso da Europa, o diesel é, tradicionalmente, o derivado mais consumido. Esta tendência acentuou-se a partir da década de 80. Houve um aumento de consumo de GLP (Gás Liquefeito de Petróleo) principalmente a partir de meados da década de 80 também (PONZONI, 2009).

2.3.8 Nuclear (H)

O recurso nuclear para geração de eletricidade baseia-se no aproveitamento da grande quantidade de energia que é libertada quando o núcleo de átomos, como o urânio 235 e do plutônio 239, são induzidos a dividir-se ou a realizar a fissão (BOYLER, 2003). Cada fissão normalmente liberta $3,2 \times 10^{-11}$ Joule (J) (LACY, 2003).

Porém, o urânio encontrado na natureza, que contém apenas 0,7% do isótopo, deve ser processado e enriquecido para que essa proporção chegue a 3,5% (Para a confecção de bombas nucleares, é necessário um enriquecimento superior a 90%).

A extração do urânio através da mineração não é a única forma para obtenção do combustível utilizado nas centrais nucleares. Existem também as fontes secundárias, que são compostas por materiais obtidos com a desativação de artefatos bélicos, estoques civis e militares, reprocessamento do urânio já utilizado e sobra do material usado no processo de enriquecimento.

O Urânio utilizado é composto por átomos que possuem no seu núcleo 92 prótons e aproximadamente 140 elétrons.

Segundo BOYLER (2003), há pouco perigo do mundo ficar sem combustível nuclear em um futuro próximo. As reservas de urânio foram identificadas em muitos países e são suficientes para muitas décadas de uso, e existem depósitos deste minério suficiente para estender isso a vários séculos. E devido ao baixo custo do urânio, que atualmente torna a tecnologia competitiva economicamente.

O desenvolvimento da geração de energia nuclear de modo pacífico (após o uso para fins militares na Segunda Guerra Mundial), foi anunciado como uma nova era de energia limpa (BOYLE, 2003).

2.4 Serviços

2.4.1 Eletricidade (1)

É uma forma de energia baseada na capacidade de atração e repulsão de prótons e elétrons. Pode-se dizer que a eletricidade se manifesta por meio dos seus efeitos, que podem ser térmicos, luminosos ou magnéticos. Ou seja, eletricidade é o fluxo de carga elétricas.

A produção de eletricidade acontece a partir de um recurso natural, existindo diferentes tipos de tecnologias para favorecer esta produção. Dentre essas, as diferentes centrais produtoras, que utilizam variadas máquinas dependendo do recurso a ser explorado.

A primeira aplicação da eletricidade se deu no campo das comunicações, com o telégrafo e o telefone elétricos. Em 1882, Thomas Edison construiu as primeiras centrais eletroprodutoras em corrente contínua, para o atendimento de sistemas de iluminação. Em 1886, foi feita a primeira transmissão de energia elétrica em corrente alternada por George Westinghouse. Atualmente, a produção de eletricidade é responsável por aproximadamente um terço do consumo de energia primária mundial (WALTER, 2010).

Este serviço, caracterizado pela produção de energia elétrica, alguns especialistas classificam a energia elétrica como fonte de energia secundária (sistema capaz de armazenar energia e a partir dela obter energia luminosa, térmica e mecânica), enquanto outros a consideram energia final (aquela que se consome diretamente nos setores residencial, industrial e de transporte). Em qualquer dos casos, do mesmo modo que outras fontes finais, está se obtém por aplicação de processos mecânicos, físicos e químicos a partir das fontes de energia primárias (ERESE, 2019).

Algumas centrais de eletricidade usam a energia térmica proveniente da combustão para gerar trabalho mecânico e posteriormente gerar a eletricidade, ou a energia cinética do próprio recurso natural que é convertido nesse serviço, ou uma conversão direta.

2.4.2 Calor (2)

Calor é a forma de energia que é transferida de um sistema para outro devido a uma diferença de temperatura entre ambos. Matematicamente, pode-se definir a Primeira Lei da Termodinâmica pela seguinte equação:

$$\sum_i \frac{dQ_i}{dt} - \sum_j \frac{dW_j}{dt} = \Delta E \quad (12)$$

Na equação acima, W simboliza a energia na forma de trabalho, Q simboliza a energia na forma de calor e ΔE simboliza a variação da energia interna de um sistema. Nota-se que as grandezas Q e W variam de acordo com o tempo à razão d/dt. Através da equação anterior, pode-se concluir que somente a somatória da variação de trabalho e calor, dentro de um volume de controlo, são constantes e podem ser transformados de uma forma para a outra. Quando não há trabalho, toda a energia na forma de calor promove uma variação da energia interna do sistema (BARROSA, 2004).

Existem basicamente três modos de transferência de calor: condução, convecção e radiação, que serão abordadas a seguir.

A condução trata-se de um processo no qual o calor flui de uma região cuja temperatura é mais elevada para uma região onde a temperatura é mais baixa, dentro de um meio (sólido, líquido ou gasoso) ou entre diferentes meios em contacto físico directo.

A energia de um corpo de temperatura mais alta agita as moléculas do corpo de temperatura inferior de modo a que a energia cinética média das moléculas deste último se eleve, aumentando assim sua energia interna. Desta forma, as moléculas de ambos os sistemas passam a ter a mesma energia cinética de modo a que a temperatura final do sistema atinja um equilíbrio inferior à temperatura mais elevada do sistema, e superior à temperatura mais baixa (BARROSA, 2004).

A convecção é um processo de transporte de energia pela acção combinada da condução de calor, armazenamento de energia e movimento da mistura. Um fluido que possui mobilidade grande das partículas, quando em contacto directo com uma superfície sólida aquecida, tende a migrar para locais onde a temperatura é menor. Essa movimentação das partículas origina uma transferência de energia de uma posição para a outra que é denominado por transmissão de calor por convecção (BARROSA, 2004).

A radiação é um processo pelo qual o calor é transmitido de um corpo de elevada temperatura para um corpo de temperatura inferior quando estes estão separados no espaço, mesmo que exista vácuo entre eles. Pode-se notar, através desta definição, que não há necessidade de contacto entre as superfícies para que a energia, na forma de calor, seja transferida entre estas.

Esta forma de energia assemelha-se à radiação de luz, diferindo apenas no comprimento de onda. Uma aplicação deste fenómeno é na transmissão da energia solar aos demais astros (incluindo a Terra). Outra aplicação prática é a transferência de calor que ocorre numa caldeira, por exemplo. Além do calor que é transmitido pela queima do combustível para as paredes da caldeira, existe uma parcela de calor radiante que é

transmitido aos demais componentes. Logo, devem ser adicionadas peças à caldeira de forma a proteger os equipamentos, como os superheaters, contra o calor radiante excessivo (BARROSA, 2004).

A energia utilizada para aquecimento e arrefecimento representa quase metade do consumo total de energia final. Isso é dividido igualmente entre o calor para processos industriais e o calor para uso em edifícios.

As fontes de energia renováveis podem contribuir para o setor de aquecimento e arrefecimento de três maneiras: através da combustão direta de biomassa (moderna e tradicional), através do uso direto de energia térmica geotérmica e solar, e contribuindo para o suprimento de eletricidade quando usado para aquecimento ou resfriamento (REN21, 2018).

No entanto, há uma crescente apreciação que energias renováveis podem desempenhar no aquecimento. A energia renovável pode atender à necessidade térmica quando fornecida por eletricidade, diretamente ou através do uso de bombas de calor.

Nos sistemas fotovoltaicos, por exemplo, a energia proveniente da radiação solar é capaz de resultar na produção de energia elétrica, além do facto dos coletores solares contarem com sistemas de arrefecimento que utilizam o processo de condução para arrefecer o sistema e manter a temperatura de trabalho.

2.4.3 Trabalho mecânico (3)

O trabalho mecânico é realizado por uma força que é capaz de modificar o estado de movimento de um objeto, muito utilizado no setor de transporte. Seria resumidamente a energia necessária para mover um objeto em questão, como pode ser percebido pela seguinte equação:

$$W = F \cdot d \quad (18)$$

No qual W é o trabalho realizado, F é a força e d o deslocamento do corpo.

Segundo a equação da Primeira Lei da Termodinâmica já vista, caso não haja transferência de calor, o trabalho mecânico altera a energia interna de um sistema. Trabalho também pode ser convertido integralmente em geração de calor caso não haja variação de energia interna no sistema (JACKSON, 2006).

Na antiguidade, as rodas verticais internas foram amplamente utilizadas no bombeamento de água, e na Europa pré-industrial também. As rodas horizontais eram bastante populares na Europa, e rodas de rodagem inclinadas também estavam em uso (SMIL, 2008b).

De acordo com a Figura 8, observa-se o trabalho mecânico desde 1556, com as tecnologias que utilizavam o trabalho humano como as rodas inclinadas, horizontais e verticais, para a reprodução no meio agrícola.

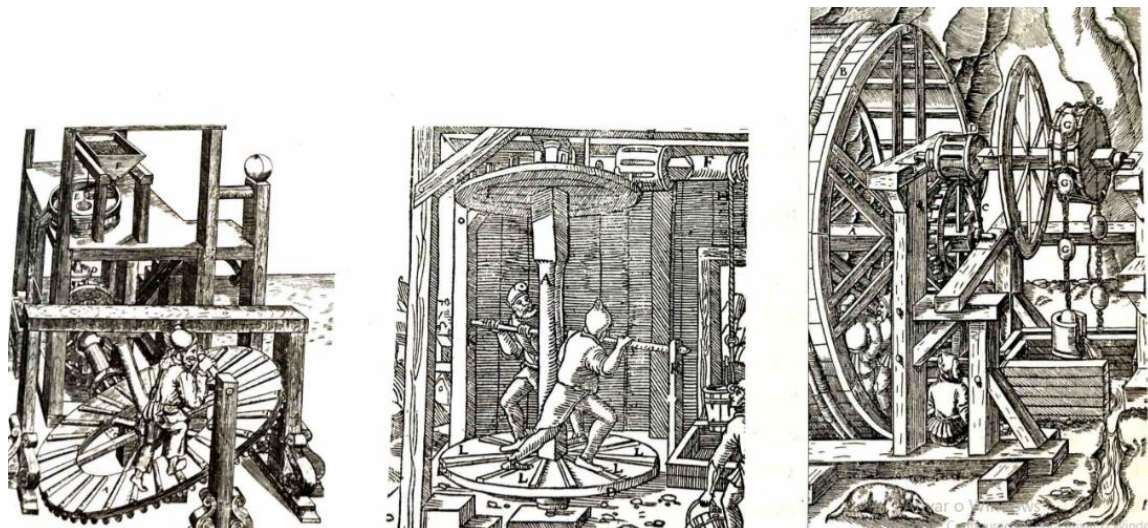


Figura 8: Rodas de maquinário agrícola (1556), inclinada, horizontal e vertical (Fonte: SMIL, 2008b)

A história das primeiras máquinas a vapor teve início com o problema do alagamento das minas de carvão e ferro na Inglaterra que possuíam grandes rodas de água para içar baldes de água, trabalho que equivalia a 500 cavalos. Denis Papin iniciou experiências com bombas a vapor, e Thomas Severy construiu a primeira máquina a vapor aproveitável em 1698, porém foi o modelo proposto por Thomas Newcomen, onde o cilindro foi separado da caldeira, que solucionou o problema das minas. Esse modelo ficou em operação por 75 anos. Ao se tornar inoperante diante da profundidade excessiva das minas, o talentoso James Watt foi capaz de aumentar drasticamente a eficiência da máquina. Com um alto melhoramento mecânico a forja de cilindros retilíneos, a máquina a vapor de Watt de 20 CV foi posta em operação nas minas de carvão (JACKSON, 2006). A transformação do movimento alternado e linear do êmbolo da máquina em movimento giratório, permitiu a criação de um motor genérico que passou a acionar navios, locomotivas, serrarias, cerâmicas, drenagens e outros tipos de atividades (Figura 8).

Já na atualidade o setor que mais utiliza energia ainda é o de transporte, com tecnologias sempre mais modernas de motores. Sendo a grande maioria das necessidades globais de energia no setor ainda é atendida por petróleo (92%), com pequenas proporções atendidas por biocombustíveis (2,8%) e eletricidade (1,3%) (SMIL, 2013).

Ainda podendo ser subdividido em setores como: o transporte já mencionado, a indústria, agrícola e maquinários

CAPÍTULO 3

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia desta tese teve como fundamentação uma revisão bibliográfica sobre uma proposta de um modelo conceptual.

3.1 Modelo conceptual

A pesquisa sobre modelação conceptual começou no campo da ciência da computação com duas aplicações para a linguagem de modelação conceptual de dados: o modelo semântico, desenvolvido por Abrial (1974); e o modelo entidade-relacionamento (ED) proposto por Chen (1976). Logo foram desenvolvidos outros tipos de modelos conceptuais diferentes, em diversas áreas de negócios, empresas, engenharias e outras (TOMASZEWSKI, 2018). A montagem do modelo conceptual é um passo essencial no processo de construção de uma base de dados (DOLLÉR, 2018).

Um dos principais objetivos da estrutura conceptual é a da representação da síntese da literatura de um investigador sobre algo. Deste modo, foram recolhidos os pontos de vista de diversos investigadores para tornar o conhecimento prévio mais evidente e posteriormente, são identificadas as variáveis e tópicos necessários para a elaboração da estrutura conceptual. O modelo conceptual pode ser aplicado em diferentes categorias de trabalho, quando surgem problemas a serem resolvidos ou temas que são levantados com o objetivo de fazer distinções conceituais e organizar as ideias e informações (ADON, 2018).

Para se obter uma visão geral do tema para a elaboração do modelo conceptual é necessário descrever o problema. A intenção em elaborar esta descrição é garantir que esta possa servir como uma base para o início de um estudo de modelação. A partir da descrição, são obtidos um conjunto de objetivos claramente definidos que conduzirão a solução do problema, Figura 9. Esses objetivos são declarados em termos de parâmetros, juntamente com as variáveis observadas durante o levantamento de dados.

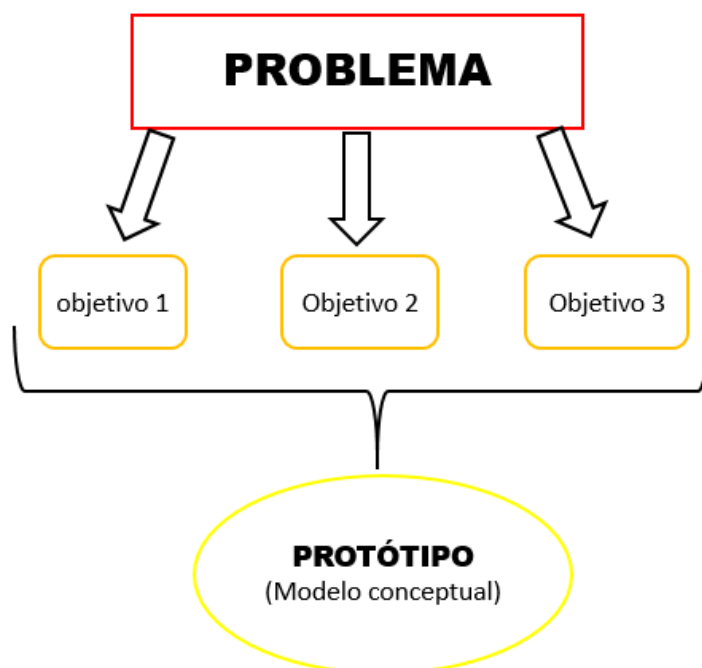


Figura 9:Esquema ilustrativo do objetivo do Modelo Conceptual

Porém, as informações fornecidas na descrição do problema são, na maior parte, não estruturadas e relativamente informais. Uma fase de refinamento que aprimora a precisão é geralmente fundamental. ROBINSON (2015), define o resultado deste processo de refinamento de Modelo conceitual.

O tema apresentado neste trabalho estrutura-se na Figura 9. O problema e o reduzido acesso a informação exata sobre as energias renováveis e diferentes interesses nas informações promovidas. E os objetivos citados na mesma figura se enquadram com as variáveis pesquisadas, das tecnologias de conversão, os impactos socioambientais, os riscos, o custo, as emissões de CO₂, e a eficiência das tecnologias de conversão. E assim, a ser elaborado o protótipo deste trabalho que é a Matriz multidimensional.

Este modelo facilita a percepção do utilizador com soluções e auxiliam no desenvolvimento de um modelo mental diferente em cada pessoa. Na ausência de um modelo conceitual, a informação parece mais arbitrária, incoerente, complexa e de difícil entendimento (AQUINO, 2018).

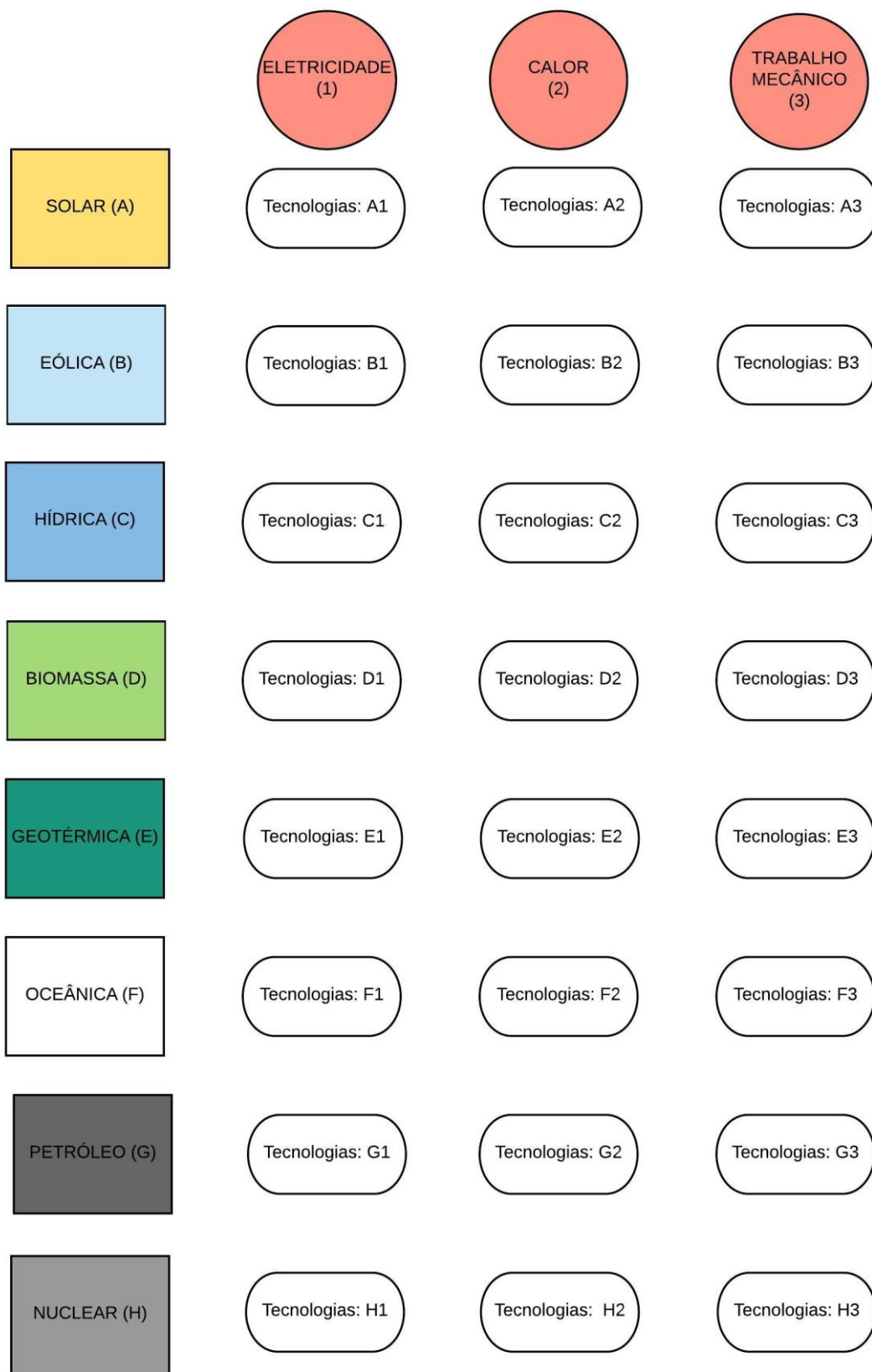
3.2 A Matriz Multidimensional

Para definir o problema e exemplificar a solução, será usado nesta dissertação o conceito da Ferramenta estrutura/Modelo conceitual. Sendo assim, está associando a seleção da tecnologia de conversão de energia, para cada tipo de serviço gerado, dentro dos recursos naturais destacados.

A estrutura conceitual proposta neste trabalho consiste numa Matriz Multidimensional, com N-linhas, M- colunas e P- Dimensões. As linhas correspondem às entradas com os recursos naturais (fontes renováveis e fontes não renováveis). As

colunas mostram as saídas com os serviços oferecidos (eletricidade, calor, trabalho mecânico). A referência cruzada entre linhas (Recursos) e colunas (Serviços) correspondem a uma célula dentro da matriz, que por sua vez pode combinar diferentes tecnologias de conversão. A matriz é demonstrada na Tabela 2.

Tabela 2: Modelo da Matriz Multidimensional (Recurso natural, serviços e tecnologias de conversão)



Os recursos naturais (linhas), abordados nesse trabalho foram representados ao longo dos resultados por letras, sendo essas, solar (A), eólica (B), hídrica (C), biomassa (D), geotérmica (E), oceânica (F), petróleo (G) e nuclear (H). Já os serviços (colunas), foram representados por números, eletricidade (1), calor (2) e trabalho mecânico (3).

Durante o desenvolvimento e resultados apresentados, as células da matriz, com as tecnologias de conversão, são representadas pelo cruzamento destas letras e números (exemplo, tecnologias de conversão no recurso eólico e serviço de eletricidade, representada por B1).

Para se ter uma visão geral do trabalho e facilitar a sua compreensão, foi estruturado um modelo conceitual em formato de uma Matriz Multidimensional contendo os dados do projeto, explicitado na Figura 10.

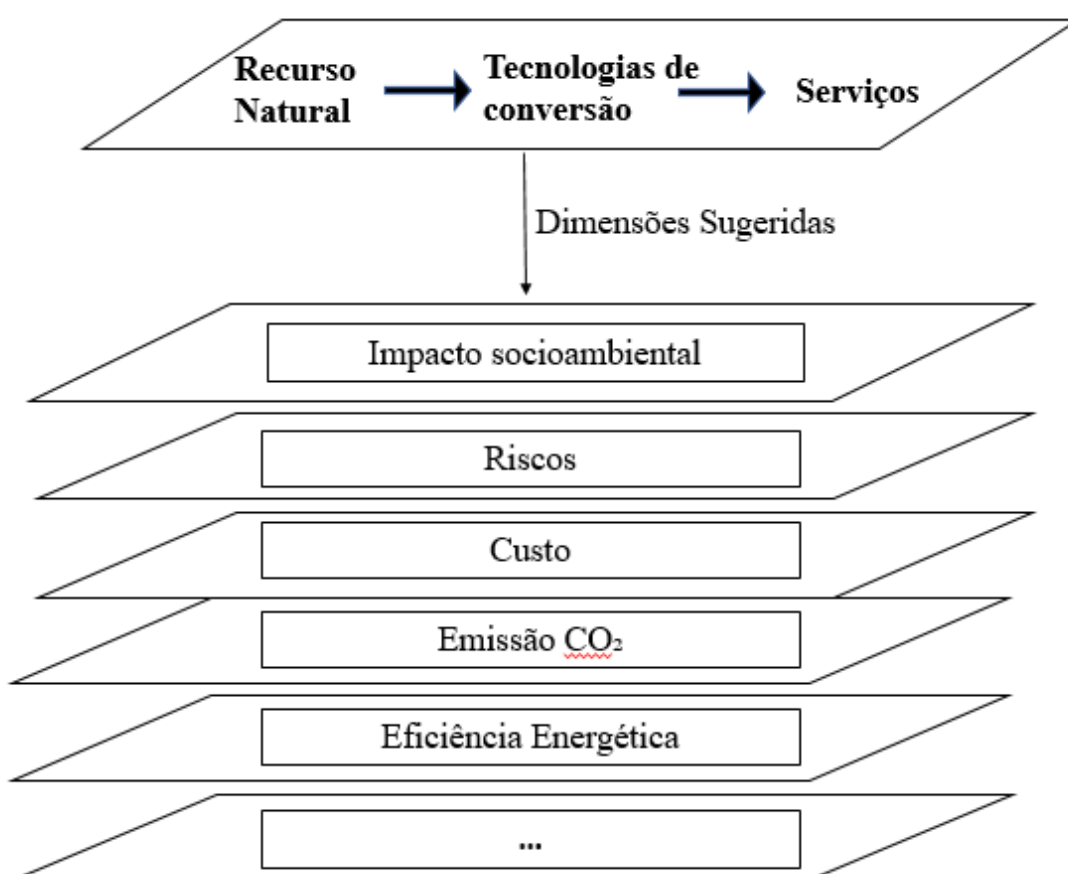


Figura 10: Estrutura tridimensional do modelo

A estrutura ilustra na primeira dimensão, a matriz. Foi realizada uma investigação dos recursos naturais mais relevantes para serem abordados, sendo estes originados de fontes renovável, fóssil e nuclear. Ao longo da dissertação também são levantados os serviços oferecidos mais relevantes, além das tecnologias de conversão existentes e o seu nível de maturidade (Tabela 2). Após a primeira parte, a matriz estruturada, algumas dimensões de maior relevância inicialmente foram destacadas, os impactos socioambientais, riscos

oferecidos, custo (serviço e implantação), emissão de CO₂ e eficiência nas tecnologias de converção (Figura 10).

Na dimensão de impactos socioambientais (Impactos que envolvam a Natureza e a sociedade), serão levados em consideração os principais impactos que ocorrem com o desenvolvimento das tecnologias envolvidas em cada recurso, com a geração dos serviços identificados na matriz e o desuso dessas. Sendo positivas ou negativas. Para analisar os potenciais impactos da tecnologia a ser implementada deverá ser detalhada a cadeia de efeitos que lhes dá origem. Assim, deverão ser classificados considerando: natureza, a importância, a magnitude, a duração, a reversibilidade e a abrangência. Deve-se ser analisado de acordo com as fases da implementação.

Os Impactos socioambientais são qualquer alteração sofrida no meio ambiente, num ou em mais dos seus componentes, ou interferindo de algum modo na saúde humana, isto provocados por uma ação antropogênica. Porém existem os estudos de impacto ambiental (EIA) que buscam condições que minimizem ou mitiguem o impacto que ocorre tanto no desenvolvimento da tecnologia, na implantação, na geração dos serviços e no desuso das tecnologias.

Os riscos são classificados pela consequência que podem vir a causar. Porém, para evitar o acontecimento existem estudos como por exemplo, no Brasil, o Programa de Gerenciamento de Riscos (PGR), o qual deve considerar as condições de segurança do empreendimento em todas as fases, desde o seu projeto até o seu período de operação comercial, isto é, durante toda a vida útil do empreendimento (DRAGONI, 2005). Deste modo, os possíveis riscos sociais e ambientais devem ser muito bem geridos e monitorizados para evitar que ocorram. Isso é possível através da identificação de possíveis cenários acidentais e da definição de estratégias para atuação. Deve ser realizada uma revisão geral dos aspectos de segurança de modo padronizado, identificando as causas (agentes) e efeitos (consequências) (BARBOSA FILHO, 2010).

A dimensão de custo, apresenta uma grande importância e relevância, na exposição dos reais valores que são investidos para implantar uma tecnologia de conversão para gerar algum serviço e o valor correto que o serviço gerado é oferecido. Além disto, a magnitude destes valores é de suma importância para se perceber se houve corrupção e sobrevalorização do custo de investimento para implantações das tecnologias e o valor que está a ser cobrado à população pelo serviço consumido. São necessárias atualizações constantes destes valores pois alteram-se devido às inovações tecnológicas, maturidade e disponibilidade.

A dimensão referente a emissão de CO₂, têm por base a metodologia de cálculo a totalidade dos equipamentos de processo e de combustão existentes na instalação, bem como a totalidade de combustíveis utilizados. Estimulada pela procura de energia em 2018, a emissão global de CO₂ aumentou 1,7%, atingindo uma alta histórica de 33,1 Gt CO₂ (IEA, 2019).

O termo eficiência energética dos equipamentos é definido pela eliminação de desperdícios, por meio de consumo racional, medido pelas diversas formas de energia: eletricidade, calor e trabalho mecânico.

CAPÍTULO 4

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Tecnologias de Conversão de Energias

No processo de conversão de energia, a energia que foi transformada é sempre menor que a energia que deu origem à transformação. E esta razão entre a energia útil e a energia primária é expressa em termos de grandeza, como o rendimento (CASTRO, 2011).

A crescente procura por inovação e diferentes tecnologias têm sido um instrumento fundamental para a melhoria da produtividade, competitividade, maturidade e eficiência, bem como para estimular o desenvolvimento económico dos países.

As tecnologias pesquisadas e expostas nas células da matriz a seguir, são classificadas e diferenciadas uma das outras pelo grau de maturidade. Pois a tecnologia não “nasce” pronta para uma aplicação imediata, apenas existe uma ideia de seu possível emprego. Desde que uma nova tecnologia é inventada ou concebida, ela é sujeita a experimentação, simulação, refinamento, prototipagem e utilização, até que a mesma esteja preparada para o uso e a comercialização. Porém, este processo demanda tempo e experiência, necessitando passar por diversas etapas de evolução, até a sua plena operação, de modo que esteja pronta para o uso ou a comercialização (VELHO, 2017).

A Matriz elaborada a partir da pesquisa bibliográfica recolhido é ilustrada a seguir, acompanhando a devida descrição para cada célula.

Tabela 3: Tecnologias de conversão energética

TECNOLOGIAS DE CONVERSÃO			
	Eletricidade (1)	Calor (2)	Trabalho mecânico (3)
Solar (A)	(A.1.1) <u>Célula fotovoltaica</u> : - silício-cristalino, -filme fino ou -orgânicas (A.1.2) <u>Concentrador Solar</u> : torre; disco, calha parabólica.	(A.2.1) <u>Coletor térmico</u> : termossifão e circulação forçada. (A.2.2) <u>Claraboia</u> e <u>Envidraçados</u> . (A.2.3) <u>Pavimento de armazenamento térmico</u>	(A.3.1) <u>Bombeamento de água</u>
Eólica (B)	(B.1.1) <u>Aerogerador (pequena e grande turbina)</u> : eixo vertical ou eixo horizontal (off-shore, on-shore)	(-)	(B.3.1) <u>Moinho de vento agrícola</u> (bombeamento de água); (B.3.2) <u>Bomba eólica-elétrica</u>
Hídrica (C)	Hidroelétrica: (C.1.1) <u>Grande (> 10kW)</u> , (C.1.2) <u>Mini-hídrica (< 10kW)</u> . (turbina kaplan, turbina pelton e turbina francis)	(-)	(C.3.1) <u>Roda d'água</u> ; (C.3.2) <u>Elevador de água</u> (eclusas)
Biomassa (D)	Termoelétrica: (D.1.1) <u>Caldeiras</u> ; (D.1.2) <u>Turbinas a vapor</u> ; (D.1.3) <u>Turbinas a gás</u>	(D.2.1) <u>Caldeiras</u> (D.2.2) <u>Fornos</u>	(D.3.1) <u>Motor de combustão interna</u> . (D.3.2) <u>Digestor anaeróbio</u>
Geotérmica (E)	(E.1.1) <u>Baixa temperatura</u> ; (E.1.2) <u>Hidrotérmicas</u> ; (E.1.3) <u>EGS</u> ; (E.1.4) <u>Central a vapor seco</u>	(E.2.1) <u>Eixo binário</u> ; (E.2.2) <u>Bomba de calor</u> (GHP); (E.2.3) <u>Uso direto</u>	(-)
Oceânica (F)	(F.1.1) <u>Turbinas</u> (ondas); (F.1.2) <u>Barragem</u> (marés)	(-)	(F.3.1) <u>Moinho de Maré</u>
Petróleo (G)	Termoelétrica: (G.1.1) <u>Caldeiras</u> ; (G.1.2) <u>Turbinas a vapor</u> ; (G.1.3) <u>Turbina a gás</u> ;	(G.2.1) <u>Caldeiras</u>	(G.3.1) <u>Motor de combustão interna</u> ; (G.3.2) <u>Turbina a gás</u> ; (G.3.3) <u>Motor de combustão externa</u>
Nuclear (H)	Reator: (H.1.1) <u>Fissão</u> ; (H.1.2) <u>Fusão</u>	(H.2.1) <u>Fissão</u>	(-)

As tecnologias de conversão identificadas nas células da Tabela 3 são exemplificadas de modo resumida nos tópicos a seguir. Identificadas pela representação da célula, o cruzamento da linha (recursos: letras) e coluna (serviços: números), com uma combinação, como: A1 (solar + eletricidade), B3 (eólica + trabalho mecânico).

As tecnologias dentro de cada célula foram também numeradas como subdivisões (A 1 1; C 1 3; E 2 1).

Algumas células foram preenchidas com (-), porque não possuía tecnologia com maturidade significativa para o serviço oferecido.

As tecnologias com baixo grau de maturidade, foram citadas na matriz, porém, como não são comercializáveis, não serão definidas ao decorrer da pesquisa. Apenas sendo identificadas como sem destaque.

4.1.1 Tecnologias: A1, A2 e A3

A energia solar apresenta a maior parte das tecnologias nas energias renováveis. A base da captação de energia solar pode ser dividida em sistemas de tecnologias passivas e sistemas de tecnologias activas (MENDONÇA, 2005).

O Sistemas de tecnologias activas, recorre a meios artificiais de transferência, nomeadamente à convecção forçada de fluídos por meio de bombas ou ventiladores. Para gerar **calor**, existem os colectores solares térmicos (termosifão e bombeamento forçado), essencialmente porque exigem muita capacidade e gastos associados ao armazenamento ou ao funcionamento paralelo com os sistemas tradicionais. O outro tipo de sistema solar activo são os sistemas de produção de **eletricidade** por tecnologia fotovoltaica.

Quando a energia é gerada de forma natural, estamos perante tecnologias por meio passivo, também conhecidas por tecnologias de arquitetura bioclimática. Para a intenção de aproveitamento térmico, pode ser ponderada várias soluções. No caso de tecnologias passivas diretas: a utilização de envidraçamento e clarabóias. Em caso de tecnologias passivas indirectas: pavimentos de armazenamento térmico (MENDONÇA, 2005).

Tecnologias A1:

Em 1883 surgiu a primeira célula solar fotovoltaica, com uma pequena eficiência de conversão de aproximadamente 1% (VALLÊRA, 2006). Desde então, a energia solar fotovoltaica está evoluindo e nas últimas décadas apresenta um crescimento cada vez mais significativo na produção energética a nível mundial.

A principal tecnologia na produção de energia eléctrica para este recurso é baseada nas chamadas **células fotovoltaicas** (A.1.1), que são os elementos conversores da energia proveniente das ondas eletromagnéticas do sol em energia eléctrica. O fenómeno responsável por esta conversão é o efeito fotovoltaico (CASTRO, 2011).

Pode-se definir as células fotovoltaicas como dispositivos semicondutores que convertem directamente a energia luminosa em electricidade. Alguns setores na indústria identificam diferentes “gerações” da tecnologia destas células. Tradicionalmente, o desenvolvimento dos sistemas conversores de energia fotovoltaica processou-se com base no silício-cristalino (CASTRO,2011).

A estrutura das tecnologias fotovoltaicas é constituída inicialmente pela célula que representa a menor parte do sistema fotovoltaico. Para obter potências maiores essas células podem ser ligadas em série ou paralelo, formando assim, os módulos. A agregação destes módulos, formam os painéis (Figura 11), a energia captada pelo painel solar pode ser muito maior quando este acompanha o caminho solar, conhecido como um seguidor solar (sun tracker), este pode ser de um ou dois eixos, respetivamente, se acompanhar o

sol durante o dia de Este para Oeste, ou se, acompanhar o sol de Norte a Sul nas estações ao longo do ano.

Os painéis devem estar ligados a um conjunto de suporte, sendo um inversor DC/AC (se ligado à rede), ou a bateria, e um regulador de carga (sistemas autónomos).

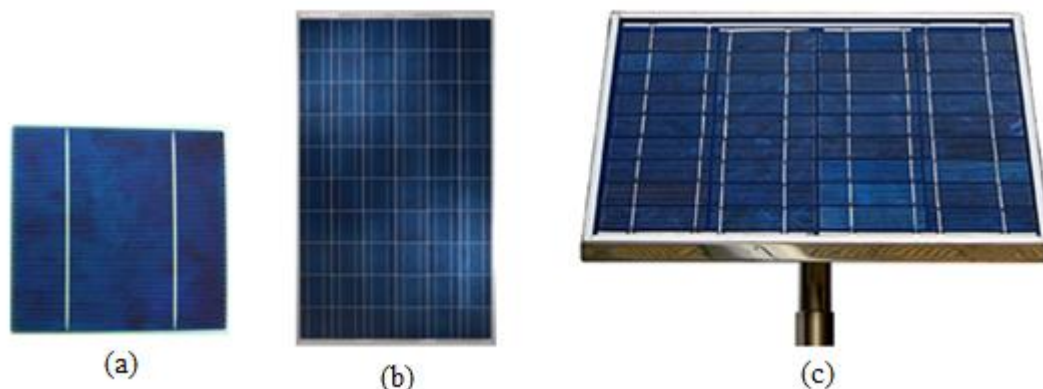


Figura 11: Estrutura Fotovoltaica, (a) Células, (b) Módulo e (c) Painel

Segundo JUNQUEIRA (2016), a era solar fotovoltaica é separada em três gerações. A primeira geração corresponde às células de silício cristalino, sendo as mais tradicionais no mercado e subdividindo-se em células monocristalina, policristalinas e multicristalina. As monocristalinas são assim chamadas por possuírem uma estrutura homogênea em toda sua extensão. Para fabricação de uma célula fotovoltaica desse grupo é necessário que o silício tenha 99,9999% de grau de pureza. A obtenção desse tipo de silício é mais cara do que a do silício policristalino, porém tem-se maior eficiência na conversão. Considera-se como segunda geração aquelas tecnologias baseadas em filmes finos inorgânicos composta por Telureto de Cádmio (CdTe), Disseleneto de Cobre e Índio (CIS), Disseleneto de Cobre, Índio e Gálio (CIGS), Silício Amorfo (a-Si) e o Dissulfeto de Cobre e Índio (conhecidos como CIGS: Cu(In,Ga)S₂) (ELY e SWART, 2014 e REIS, 2015). São chamadas assim, de células de filme fino devido às menores espessuras, se comparadas às células cristalinas. A principal desvantagem das células de segunda geração é a relativa escassez dos materiais utilizados por estas tecnologias. Essas duas gerações apresentadas são predominantes no mercado atualmente.

A terceira geração é um pouco ambígua na definição de quais as tecnologias que englobam. Porém possuem baixo custo/Watt e utiliza materiais abundantes e de baixa toxicidade (ELY e SWART, 2014), são mais experimentais, e, por conseguinte menos usuais, incluindo células baseadas em materiais orgânicos. Apresentam uma maturidade ainda em um nível muito reduzido

A tecnologia solar térmica **concentrada (CSP – Concentrated Solar Power)** (A.1.2), ou energia heliotérmica, transforma energia solar em energia térmica e subsequentemente em energia elétrica. A grande vantagem dessa tecnologia é a possibilidade de armazenar energia elétrica em forma de calor. Assim, é possível gerar energia elétrica mesmo quando não há sol, em dias nublados ou durante a noite. Também é possível utilizar a tecnologia em conjunto com outro combustível, como a biomassa, o

gás natural ou diesel, para garantir a produção de energia. (ENERGIA HELIOTÉRMICA, 2015). Alguns modelos dessa tecnologia são a torre solar (Figura 12), calha parabólica (Figura 13) e o disco parabólico (Figura 14).

A torre solar é uma torre receptora (caldeira com sal líquido) que recebe os raios refletidos por espelhos sempre orientados para o sol (heliostatos). O sal é bombeado de um depósito "frio" a cerca de 290°C para a torre e daí segue para o depósito "quente" a 565°C. Este sal é utilizado para produzir vapor de água a 540°C num gerador de vapor. Este vapor é utilizado para acionar as turbinas da central.

A tecnologia da Calha parabólica, também chamada de cilindro parabólico consiste na utilização de espelhos refletores, que são utilizados para concentrar a luz do sol em tubos receptores, os quais contêm um fluido termicamente eficiente que se encontra no centro da calha, este é aquecido pela radiação até cerca de 400°C e depois é bombeado através de permutadores de calor para produzir vapor sobreaquecido. O vapor através de um gerador convencional faz a conversão em energia elétrica (KALOGIROU, 2009).

O disco parabólico, concentra toda a luz solar, que atinge o disco num foco pontual, onde o receptor capta o calor e faz a devida transformação. A sua grande vantagem é que pode atingir grandes temperaturas, devido a maiores concentrações de energia solar (INPE, 2006).

Esta tecnologia é composta pelo coletor, que são espelhos parabólicos, um receptor e um motor Stirling (ou uma microturbina), que se conecta a um alternador. Com a radiação coletada e concentrada, logo é refletida pelos espelhos, transformando a energia solar em energia térmica, em seguida o calor é transferido para o fluido de trabalho que aciona o motor Stirling, e é convertido pelo motor em energia mecânica, acoplado ao motor, está um gerador de energia elétrica, que converte a energia mecânica em energia elétrica (LODI, 2011)



Figura 12: Tecnologia de conversão, Modelo Torre Solar (fonte: TORRESOLENERGY, 2019)



Figura 13: Tecnologia de conversão, modelo Calha Parabólica (Fonte: SES, 2007)

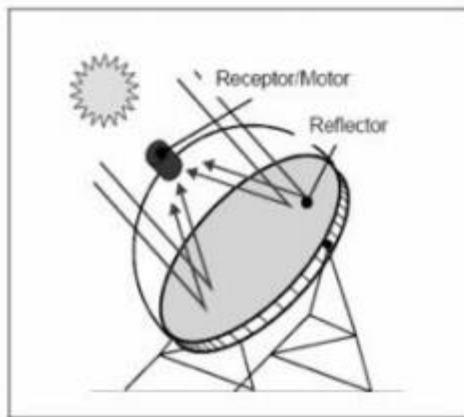


Figura 14: Tecnologia de conversão, modelo Disco parabólico (fonte: SES, 2007)

Tecnologias A2:

As tecnologias para a geração de energia solar térmica ativa, apresentam dois tipos principais de **coletores térmicos** (A.2.1) ilustrado na Figura 15: o sistema de circulação natural, conhecida por termosifão e o sistema de circulação forçada por bombeamento.

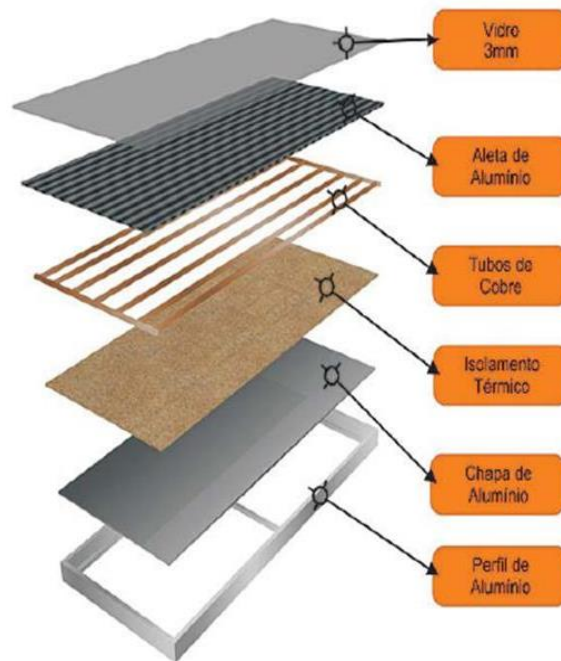


Figura 15: Estrutura do coletor Solar

Os sistemas de aquecimento e arrefecimento solar atenderam milhões de pessoas residenciais e comerciais. Foi utilizada numa ampla gama de aplicações, água quente, aquecimento e arrefecimento de ambientes, secagem de produtos, dessalinização de água, vapor direto provisão para processos industriais e cozinha comercial (REN21, 2018).

Embora a maior parte da capacidade térmica continua a ser instalada como aquecedor solar de água em edifícios individuais, o uso de tecnologias de aquecimento solar expandiu-se ainda mais durante 2017, num número crescente de países (REN21, 2018).

As tecnologias para a geração de energia solar térmica passiva, citadas anteriormente, são conhecidas pelo **envidraçamento** e **claraboias** (A.2.2). A clarabóia é uma superfície envidraçada ou em plástico transparente, horizontal, em forma poliédrica ou semi-esférica, colocada sobre coberturas ou paredes em uma habitação, os compartimentos úteis, devem dispor de algum envidraçado, a funcionar como um sistema de ganho energético direto (MENDONÇA, 2005).

Na tecnologia dos **Pavimentos de armazenamento térmico** (A.2.3), a radiação solar incide sobre uma massa térmica colocada entre a radiação solar e o espaço a aquecer. A radiação absorvida pela massa (parede, cobertura, piso) transforma-se em energia térmica e é transferida para o interior do edifício. Já que o espaço a condicionar não recebe diretamente a radiação solar, e estas tecnologias oferecem mais possibilidade de controlo das oscilações de temperatura, evitando sobreaquecimentos (MENDONÇA, 2005).

Tecnoloias A3:

Milhões de pessoas em todo o mundo vivem em áreas rurais com acesso limitado à água, e à ligação a rede elétrica. A irrigação é a peça chave nesta área, principalmente em épocas de secas intensas e de plantio (Fedrizzi, 2002).

A utilização de bombeamento com o uso do sistema solar é um bom caminho a ter em consideração, com vantagens de médio e longo prazo. A tecnologia solar de **bombeamento de água** (A.3.1) é uma das aplicações mais nobres da tecnologia solar fotovoltaica, cujos componentes são altamente eficientes (Figura 16). Existem algumas tecnologias de bombeamento para poços profundos ou rasos, com utilização de motobombas superficiais, imersas e flutuantes (FEDRIZZI, 2002).

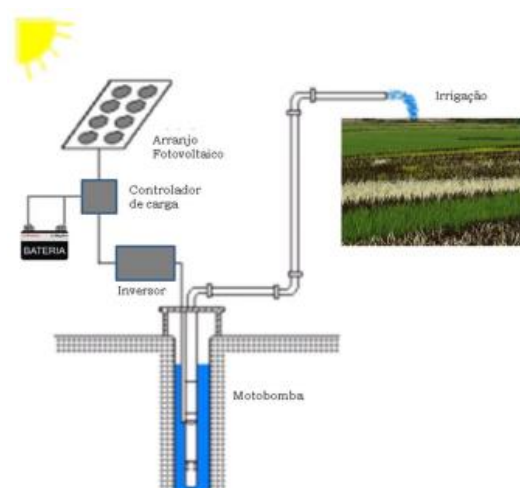


Figura 16: Demonstração da tecnologia Fotovoltaica para bombeamento de água (Fonte: FEDRIZZI, 2002)

4.1.2 Tecnologias: B1, B2 e B3

Com a união da experiência da operação, e o conjunto de programas de investigação, tem ocorrido um contínuo crescimento na dimensão das tecnologias eólicas, além da uniformização do desenvolvimento das tecnologias dos aerogeradores (CASTRO, 2011).

Tecnologias B1:

Os primeiros geradores eólicos comerciais foram instalados no início de 1980, na Europa (Dinamarca e Holanda) e nos EUA. Estes geradores tinham tipicamente de 10 a 20 metros de diâmetro e uma potência de 50 a 100 kW (CASTRO, 2011).

As tecnologias para a geração de eletricidade, encontram o seu nível de maturação mais recente com os **Aerogeradores (turbinas eólicas)** (B.1.1). O vento é usado para produzir eletricidade usando a energia cinética criada pelo ar em movimento. Isso é transformado em energia elétrica usando as turbinas eólicas ou sistemas de conversão de energia eólica. O vento atinge primeiro as pás de uma turbina, fazendo-as girar e girar a turbina conectada a elas. Isso muda a energia cinética para energia rotacional, movendo um eixo que está conectado a um gerador e produzindo energia elétrica através do eletromagnetismo (IRENA, 2016). Deste modo, gera-se uma corrente elétrica que é transmitida através de cabos condutores a um centro de controle, onde se armazena em

acumuladores ou se distribui para os centros de consumo ou é entregue na rede de transporte de energia eléctrica (ERESE, 2019). Como é ilustrado na Figura 17.

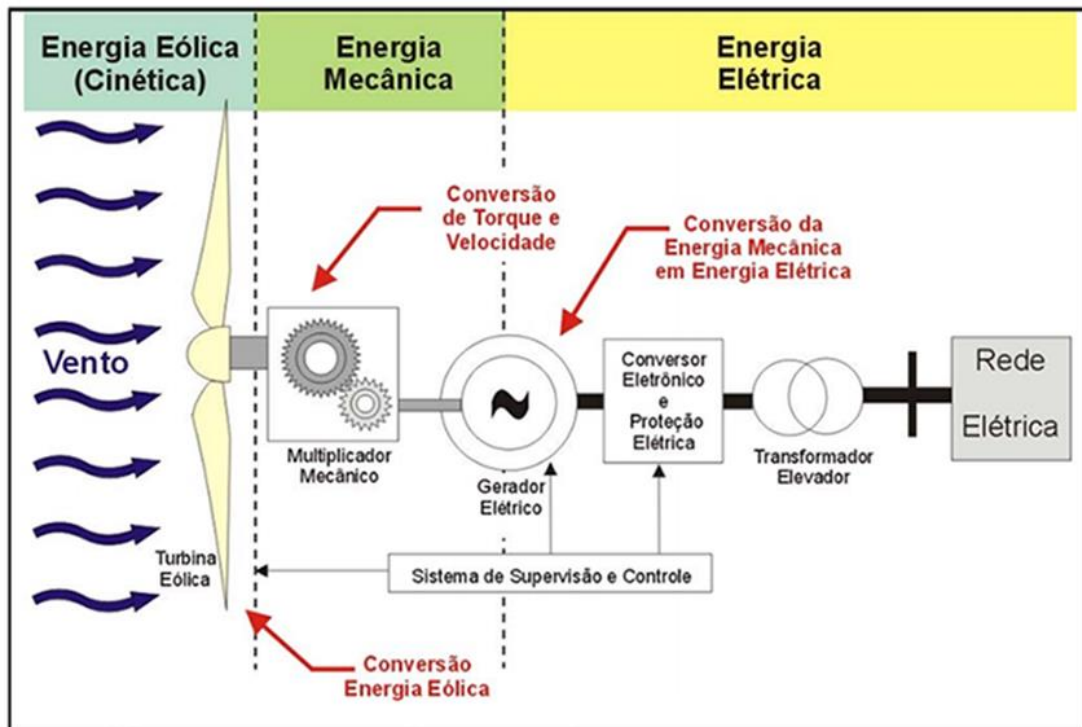


Figura 17: Esquema de conversão de energia eléctrica (fonte: PAVINATO, 2005)

A quantidade de energia que pode ser gerada depende do tamanho da turbina e do comprimento das suas pás. A saída é proporcional às dimensões do rotor e ao cubo da velocidade do vento. Teoricamente, quando a velocidade do vento duplica, o potencial da energia eólica aumenta.

O componente mais crítico da turbina são as pás. Este é o elemento responsável pelo maior custo da máquina (aproximadamente 30% do investimento total) e o mais problemático no projecto. O rotor pode possuir uma, duas, três e até seis pás (Figura 18). A escolha entre duas e três pás é um compromisso entre eficiência aerodinâmica, complexidade, custo, ruído e estética. No caso de uma pá única existe a necessidade de um contrapeso para equilibrar o rotor. No caso de uma ou duas pás, existe a necessidade de uma maior velocidade de rotação ou um maior comprimento para conseguir a mesma potência de saída do que numa turbina de três pás, mas podem ter um custo menor, não obstante o maior impacto visual e acústico (ERESE, 2019).

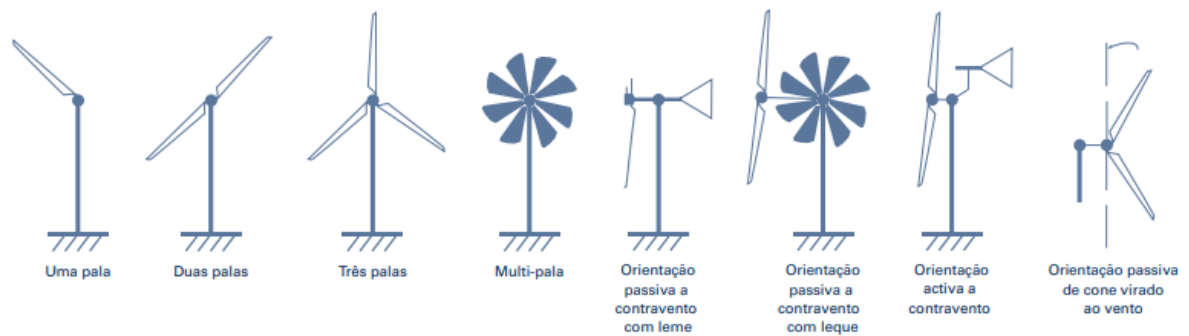


Figura 18: Turbinas de eixo horizontal com diferente número de pá (fonte: ERESE, 2019)

Essa tecnologia pode ser destacada com pequenas turbinas eólicas, com potência nominal inferior a 50-100 quilowatts (kW), definida pela Comissão Internacional Eletrotécnica (GIPE, 1999). Porém são menos eficientes do que as grandes turbinas (IRENA, 2016). Geralmente, a tecnologia de pequenas turbinas é usada para eletricidade independente e é adequado para eletrificação rural onde uma conexão à rede não está disponível ou residências. As de grande porte, constituem os parques eólicos, em zonas terrestres (on-shore), ou parques eólicos marítimos (off-shore), e são responsáveis pela geração de energia elétrica em larga escala

A considerar as classes de turbinas eólicas, sendo de eixo horizontal e eixo vertical (Figura 19.), são seleccionadas levando em consideração a escolha do local e o nível de produção.



Figura 19: Aerogerador de eixo Horizontal (a) e eixo vertical (b) (fonte: (a) arquivo pessoal do autor, (b) HAU,2006)

As turbinas eólicas convencionais, como o moinho holandês encontrado em todo o norte da Europa e o moinho agrícola explicitado anteriormente, são exemplos de turbina que giram em torno de um eixo horizontal (GIPE, 1993).

Nas turbinas de eixo horizontal existem duas possibilidades de situação para o rotor. Este pode estar situado a barlavento ou a sotavento. A maioria das turbinas grandes têm rotor a barlavento. No caso da situação do rotor a barlavento, o rotor está situado na frente da torre no sentido do movimento do vento, pelo que recebe um fluxo relativamente livre de distorções da própria torre (ERESE, 2019).

Como o vento muda de direção, as turbinas de eixo horizontal possuem um controlo para manter o rotor sempre contra o vento. Em moinhos eólicos menores, como o moinho de vento agrícola, a tarefa é muito mais fácil e uma simples palheta de cauda faz a modificação (GIPE, 1993). A cauda mantém a direção do rotor apontado para o vento.

Uma das principais vantagens das turbinas de eixo vertical é o facto das pás se moverem independentemente da direção do vento, isso torna a tecnologia mais simples. (GIPE, 1993).

Tecnologias B2:

Sem destaque neste tópico.

Tecnologias B3:

Durante séculos, o recurso eólico foi usado para bombear água, por exemplo os moinhos de vento com bombeamento de água, ainda existentes em todo o mundo. Nos dias atuais as tecnologias eólicas oferecem mais opções de bombeamento de água do que há alguns anos atrás, como as bombas de vento mecânicas tradicionais **moinhos de vento agrícolas (bombas de água)** (B.3.1) e **bombeamento com vento e eletricidade** (B.3.2) (GIPE, 1999).

O moinho de vento para bombeamento foi uma combinação perfeita entre as necessidades da população e os ventos abundantes, o que gerou uma enorme indústria doméstica. O design foi tão bem-sucedido que foi amplamente copiado em todo o mundo (GIPE, 1993). Ainda hoje, quase um milhão permanece em uso, principalmente na Argentina, Estados Unidos, Austrália e África do Sul (Figura 20).

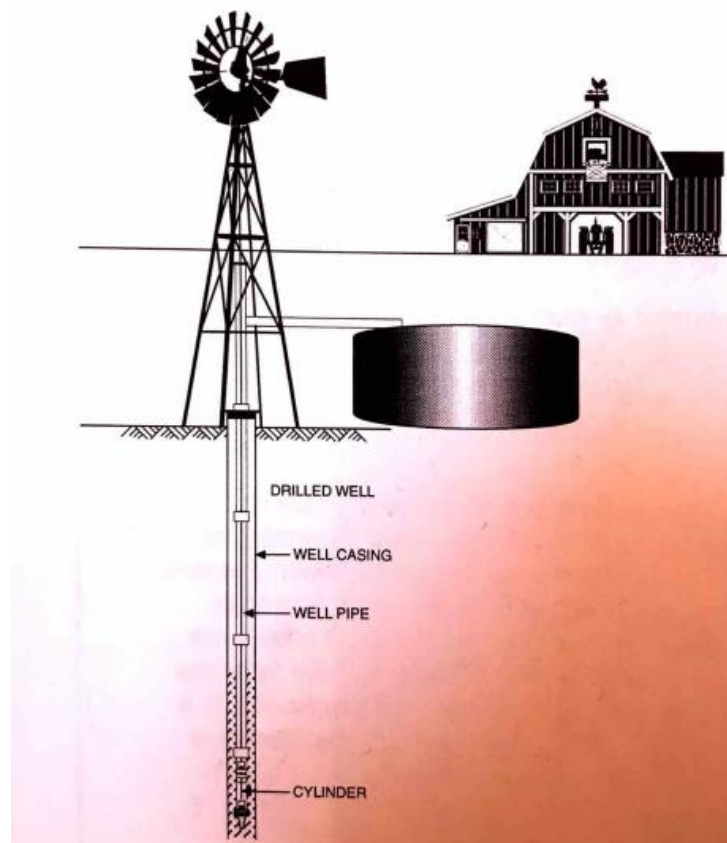


Figura 20: Moinho de vento para bombeamento (Fonte: GRIPE, 1999)

O clássico exemplo de moinho é o de vento agrícola, altamente projetado para bombear no rotor de torque. A escolha ideal de um moinho de vento agrícola depende do vento disponível, da profundidade do lençol freático e da quantidade de água necessária. E pode conter de 12 a 20 pás. Os moinhos de vento devem ser colocados diretamente sobre o poço como na Figura 20, enquanto os sistemas de bombeamento eólico-elétrico permitem que a turbina eólica seja posicionada da melhor forma possível, e não precisa estar localizado diretamente sobre o poço, este pode ser posicionado de modo a capturar melhor regime do vento. Um cabo elétrico é então usado para conectar a turbina eólica a um motor de bomba no poço.

A tecnologia de bombeamento eólico-elétrico de contemporânea, aciona diretamente os motores. A inovação desenvolveu controladores eletrônicos que combinam a carga do motor da bomba com a turbina disponível em diferentes velocidades do vento (GRIPE, 1999).

As tecnologias mais recentes buscam reduzir pela metade o custo dos controladores, tornando este bombeamento eólico-elétrico ainda mais eficiente e mais caro.

4.1.3 Tecnologias: C1, C2 e C3

Tecnologias C1:

Nas hidrelétricas, a tecnologia trabalha basicamente para converter a energia potencial em energia cinética ligada ao caudal do rio, e depois em energia mecânica fazendo a água passar por uma turbina. A energia mecânica obtida através de um gerador elétrico (trabalho mecânico) é convertida posteriormente em energia elétrica.

Os reservatórios construídos para o armazenamento da água são chamados de Albufeira. Porém a construção dessas Albufeiras implica na inundação de algumas áreas, com diversas perturbações ao ambiente e destruição de habitat natural, de modo que as hidroelétricas de grande potência se tornam em muitos casos uma fonte de energia renovável não pacífica (CASTRO 2011).

A maior **central hidrelétrica de grande escala** (> 10 MW) (C.1.1), em operação do mundo é a usina Three Gorges na China, com uma capacidade de 22,5 GW. A segunda maior usina hidrelétrica é Itaipu no Brasil / Paraguai, com 14 GW.

As **centrais hidrelétricas de pequena escala** (< 10 MW) (C.1.2), utilizam de tecnologias classificadas pela altura da queda d'água, pela vazão e a capacidade.

As turbinas são de fundamental importância na construção da central, as turbinas mais utilizadas são: a **turbina Kaplan** (uma turbina do tipo hélice com pás ajustáveis), as **turbina Pelton** (a água passa através de bocais e atinge reservatório nas laterais), e as **turbina Francis** (a água chega à turbina sob imensa pressão e a energia é extraída da água pelas pás da turbina) (IRENA, 2015).

Em relação à classificação das centrais mini-hídricas (Usinas Hidroelétricas de pequena escala) por potência, tem-se (Tabela 4):

Tabela 4: Classificação de usina Hidroelétrica de pequena escala por MW.

DESIGNAÇÃO	P (MW)
Pequena central hidroelétrica	< 10
Minicentral hidroelétrica	< 2
Microcentral hidroelétrica	<0,5

As centrais hidroelétricas possuem a nomenclatura a fim de separar as pequenas e grandes centrais, sendo que as pequenas com menos de 10MW. (CASTRO 2011).

As centrais mini-hídricas, por regra geral enquadram-se como centrais a fio de água, uma vez que não possuem a capacidade de regularizar o caudal, pois não possuem uma Albufeira.

Sobre a capacidade hidrelétrica, as adições globais em 2017 foram estimadas em 19 GW, elevando a capacidade total para aproximadamente 1.114 GW. Embora significativo, esse é o menor incremento anual observado nos últimos cinco anos. Os países líderes em capacidade de geração são a China, Brasil, Canadá, Estados Unidos,

Federação Russa, Índia e Noruega, no seu conjunto eles representavam cerca de 63% da capacidade instalada no final do ano de 2017 (REN21, 2018).

Tecnologias C2:

Sem destaque neste tópico.

Tecnologias C3:

As origens das **rodas d'água** (C.3.1) horizontais também chamadas de rodas gregas ou nórdicas, como mostra a Figura 21.



Figura 21: Roda D'água horizontal (Fonte: SMIL, 2008b)

Estas rodas (Figura 21) persistiram ao longo de séculos em muitas regiões da Europa e em toda a parte leste da Síria. A sua vantagem mais óbvia era o facto de transformar em pedras de moer diretamente sem engrenagens (SMIL, 2008b).

As máquinas mais simples para usar a energia da água corrente, não envolviam movimento rotatório contínuo, mas grandes rodas d'água do século XIX normalmente transmitiam a sua força a martelos de forja pesados e complexos. Essas rodas d'água são máquinas motrizes rudimentares, e possuem bom desempenho. Nesta época existiam diferentes tipos de rodas, que variavam de acordo com a potência, a localização e a entrada de água na roda (CASTRO, 2011).

Avanços semelhantes podem ser notados em outros motores mecânicos primários. As rodas d'água horizontais de madeira da antiguidade mediterrânea não desenvolveram mais do que 300 W, as máquinas verticais do século XVII tinham capacidade dez vezes maior e, em 1854, a maior roda de ferro da Inglaterra, podia entregar mais de 400 kW de potência durante dois milênios (SMIL, 2008b).

Essa maquinária era basicamente usado em aldeias rurais por grupos familiares de pequenas quintas, que têm um pequeno volume de produção, geralmente para consumo próprio. Atualmente, os moinhos de água são encontrados principalmente no Nepal, Índia, Paquistão, China e até partes da Turquia. Muitos deles foram atualizados ao substituir peças de madeira por peças de metal melhor projetadas para melhorar a eficiência (LAHIMER, 2012) (Figura 22).

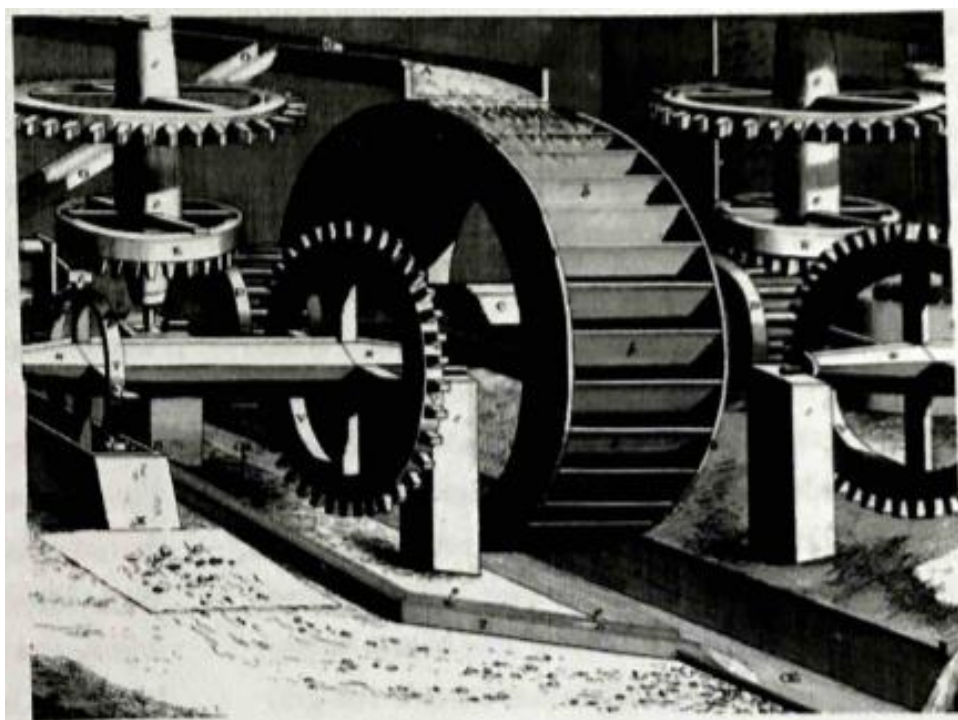


Figura 22: Roda d'água vertical (fonte: SMIL, 2008b)

Uma outra tecnologia a qual viabiliza que embarcações possam transpor rios onde existe desnível no terreno, diferença de altitude que pode ser natural, ou provocada pela construção de uma hidrelétrica ou barragem, é conhecida por **Elevador de água (eclusa)** (C.3.2).

Esta é composta de duas grandes partes de betão com portões de aço, e tubagens subterrâneas para o escoamento da água, com a ajuda da gravidade. Assim que o navio entra na câmara, os portões são fechados. Quando o objetivo é ir do ponto mais baixo ao mais alto, a água entra na câmara pela tubagem e eleva o navio até o nível do reservatório superior. Quando o caminho é o inverso, a água escoar, fazendo a embarcação descer. Então, o portão da segunda câmara é aberto e o navio poderá continuar sua viagem (CASTRO, 2011). Funciona sem necessidade de bombas e nenhuma energia é gasta para erguer o navio. Tudo é feito do aproveitamento do peso da própria água. Sendo assim, é uma tecnologia totalmente renovável.

4.1.4 Tecnologias: D1, D2 e D3

O recurso natural da biomassa pode ser convertido diretamente em energia comercializável sob a forma de calor e eletricidade, ou em biocombustíveis sólidos, líquidos ou gasosos, que por sua vez serão utilizados para a produção de energia final (MARQUES, 2015; SILVA, 2011), como pode ser identificado na Figura 23. Os processos de tecnologia de conversão da biomassa podem ser classificados como termoquímicos ou biológicos e são selecionados tendo em vista vários fatores como a origem, o tipo e disponibilidade da matéria-prima e a forma de energia pretendida. (FIORESE et al., 2014; Ferreira et al., 2009).

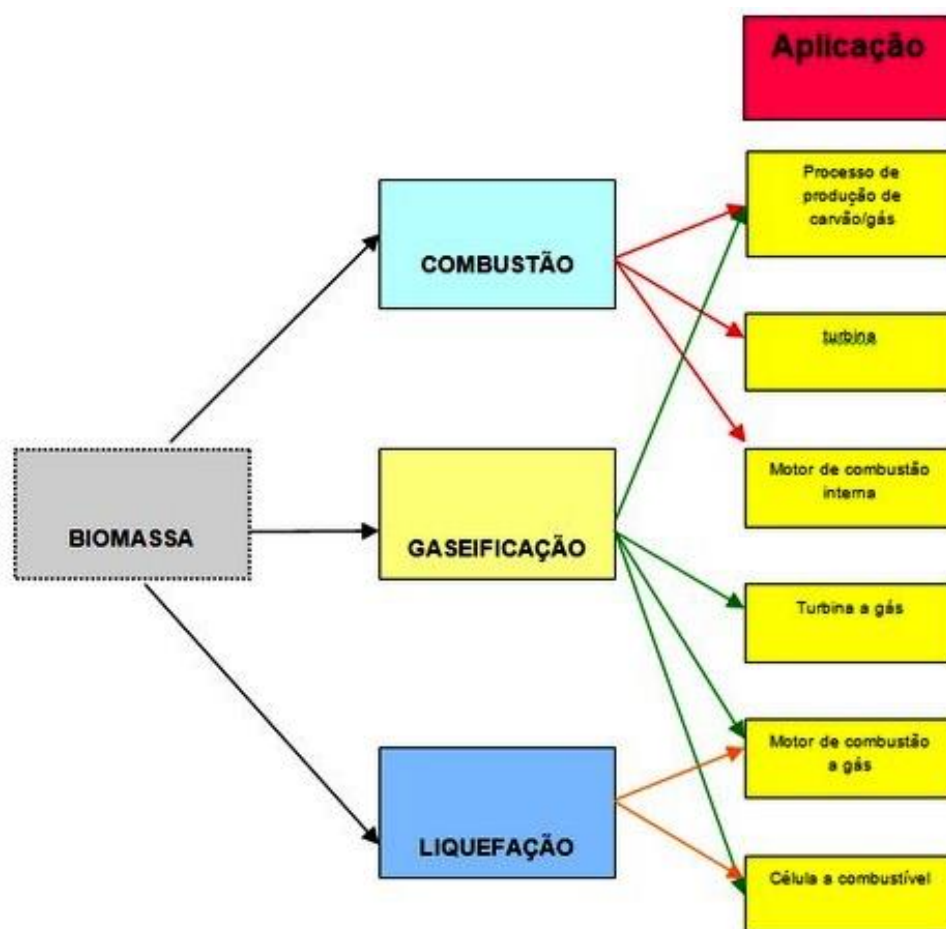


Figura 23: Tipos de tecnologia para geração de serviços, utilizando a Biomassa (fonte: REN21, 2018)

Tecnologias D1:

Para a geração de eletricidade a partir do recurso D (Biomassa), é empregado o ciclo térmico, que converte a energia térmica em potência mecânica e logo é transformado em eletricidade (NOGUEIRA, 2003). Em muitas ocasiões os combustíveis provenientes da biomassa de fonte florestal competem de modo vantajoso com os de fonte fóssil utilizado em termoelétrica, principalmente em sistemas de cogeração (NOGUEIRA, 2003).

A principal tecnologia para gerar eletricidade através da biomassa é utilizando a usina termoelétrica, formada por um conjunto de equipamentos adequadamente dispostos, que têm por finalidade produzir energia elétrica a partir de energia térmica e através da reação de combustão (queima de combustíveis produzidos através da matéria prima da biomassa). O funcionamento da termoelétrica alimentada por biomassa necessita basicamente das tecnologias de caldeiras e de turbinas, porém no arranque para o funcionamento podem ser utilizados combustíveis fosseis para otimizar a combustão da biomassa (FERNANDES, 2009).

As **caldeiras** (D.1.1), realizam a combustão da biomassa libertando calor, que pelo método de radiação aquece as tubagens existentes na caldeira a qual no interior desta tubagem circula um fluido, o qual é produzindo vapor com alta pressão e temperatura. O vapor sobreaquecido é encaminhado até as **turbinas de vapor** (D.1.2), no qual se expande gerando trabalho mecânico, este trabalho alimenta um gerador, esquematizado na Figura 24.

A **turbina a Gás** (D.1.3), utilizada para biomassa ou seus derivados, normalmente são alimentados por gaseificadores e não por combustão proveniente das caldeiras como pode ser observado na Figura 23.

A Figura 24 ilustra o processo de uma central termoelétrica, observa-se a tecnologia das caldeiras e da turbina a vapor que utiliza a biomassa do bagaço da cana para a gerar eletricidade, e a coprodução do combustível etanol.

DA PALHA À TOMADA

QUEIMA DO BAGAÇO
GERA ENERGIA PARA
USAR E VENDER

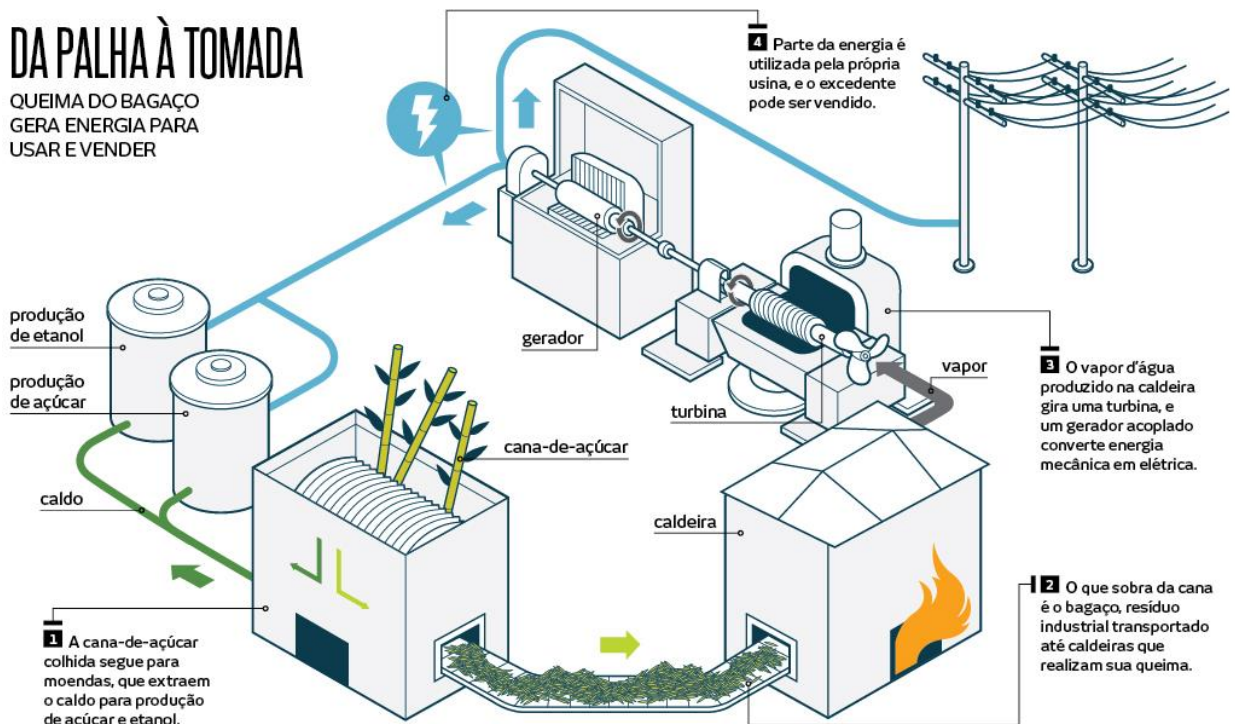


Figura 24: Central Termoelétrica utilizando Biomassa (fonte: REN21, 2018)

Uma das principais características de um combustível derivado da biomassa é o seu teor de humidade, que afeta o seu conteúdo energético (o poder calorífico) e o tamanho da partícula. Os fatores que afetam os custos do combustível incluem o tipo de combustível e sua disponibilidade de mercado associada, a qualidade do combustível, a forma em que o combustível é entregue e a proximidade da fonte de combustível até o ponto de uso (CARDOSO, 2012).

Existem diversas outras rotas tecnológicas para a utilização da biomassa com a finalidade de se produzir energia elétrica, contudo, todas envolvem a transformação da biomassa, por meio de processos termoquímicos, bioquímicos e físico-químicos num produto intermediário que, por fim, será usado na geração de eletricidade (IRENA, 2012).

Tecnologias D2:

A maior parte do aquecimento por fonte renovável está associada à biomassa tradicional nos países em desenvolvimento, que corresponde a 16,4% do consumo global de calor (IRENA, 2012).

O aquecimento através da biomassa é uma tecnologia madura e tem sido usada com sucesso há muitos anos em países como Áustria, Finlândia e Dinamarca. Os dois elementos-chave de uma solução para este aquecimento são os combustíveis e o sistema de aquecimento (SILVA, 2011). As fontes mais utilizadas de combustíveis para aquecimento por biomassa são a madeira virgem, resíduos industriais de madeira e alguns resíduos agrícolas (IRENA, 2012). Combustíveis de biomassa são normalmente entregues como cavacos de madeira ou pellets de madeira, mas também podem ser em

outras formas, como troncos ou fardos de palha. O combustível é normalmente fornecido por um ou mais fornecedores.(IRENA, 2012; REN21, 2018).

E as tecnologias normalmente utilizadas são as **caldeiras** (D.2.1) e **fornos** (D.2.2), esses podem ser: lareiras, salamandras, ou fogão a lenha, gerando a combustão pode ser definida como uma reação química relativamente rápida, na qual se combina o oxigênio do ar (combustível) com os diferentes elementos oxidáveis que contém o combustível; no processo origina-se uma libertação de calor (ERESE, 2019)

A biomassa, do mesmo modo que os combustíveis tradicionais, o gás ou o gásóleo, serve para alimentar um sistema de climatização (calor ou frio). Nos sistemas de climatização de edifícios, se destacam a utilização dos pellets (combustível sólido derivado da madeira, com formas de pequenos cilindros) e as briquetes (FERNANDES, 2009). Para além disso, também é usual a utilização de caroços de azeitona, cascas de frutos secos, e outros. As caldeiras de biomassa são equipamentos compactos, seja doméstico, em habitações unifamiliares, edifícios de habitação ou comerciais, apesar de existirem também modelos para instalações industriais, utilizado para aquecimento de água sanitária, aquecimento de ar-ambiente e cozinhar (modo tradicional e antigo). Para aplicações de aquecimento doméstico ou comercial, estes equipamentos são de potência baixa a média, até 150 kW – 200 kW. Este tipo de sistema de aquecimento alcança um rendimento entre os 85% e os 92%, valores similares aos das caldeiras de gásóleo ou de gás. Os pellets se destacam devido às características do poder calorífico e compactação (ERESE, 2019).

Tecnologias D3:

O biocombustível líquido normalmente é obtido por meio de biomassa com base em triglicerídeos, como os óleos vegetais (HOSSAIN, 2013). A conversão dos biocombustíveis nomeados biodiesel necessita de energia adicional e materiais na forma de metanol derivado de fósseis (CARNEIRO, 2010). Combustível utilizado principalmente para gerar trabalho mecânico, com máquinas de importância industrial como no setor de transporte.

A tecnologia de combustão, na qual o recurso natural da biomassa é submetido a altas temperaturas, é a forma mais tradicional para se obter o serviço desejado (HOSSAIN, 2013; YOUNG, 2017). A **combustão interna** (D.3.1) para gerar trabalho mecânico ocorre com a mistura de ar e combustível. Esta tecnologia é usada principalmente nas máquinas térmicas a pistão (HOSSAIN, 2013).

A eficiência elétrica desta tecnologia pode aumentar com outras tecnologias de reaproveitamento do gás eliminado após a combustão (SILVA, 2011), através da recuperação de calor residual por um sistema de ciclo Rankine Orgânico.

A Tecnologia dos **digestores anaeróbios** (D.3.2) é um processo conhecido a séculos, e atualmente em maturidade comercializável. É amplamente utilizada para tratamento de resíduos orgânicos, pecuários, municipais e industriais, resolvendo grandes problemas de lixo municipal e evitando queimadas. Como produto final dos biodigestores, se obtém o biogás, combustível muito utilizado no trabalho mecânico, principalmente no setor do transporte. Essa tecnologia funciona de modo simples, no qual

o resíduo é armazenado para a degradação dentro de um recipiente fechado, conhecido por digestor (FERNANDES, 2009).

A exemplo a Dinamarca, possui sistemas centralizados de grande dimensão, constituído por associação de agricultores com o intuito de cumprirem condicionantes e requisitos ambientais exigidos (FERNANDES, 2009). A Suécia possui grandes centrais de digestores anaeróbios, para solucionar os problemas do lixo municipal

4.1.5 Tecnologias: E1, E2 e E3

As tecnologias de energia geotérmica podem ser divididas em algumas categorias principais, a baixa temperatura, hidrotérmica convencional, EGS (Enhanced geothermal Systems), centrais a vapor, uso direto, e bombas de calor - GHPs (Geothermal Heat Pump). As quatro primeiras categorias geram eletricidade, enquanto as duas últimas é usada principalmente para aquecimento e produção de água quente. As tecnologias na geração de eletricidade e as tecnologias de uso direto (calor) diferem na maturidade das tecnologias e características do mercado (CROSS, 2009).

Existem outras diferentes tecnologias geotérmicas com menos maturidade, que não serão abordados aqui.

Por serem uma fonte que não depende das condições climáticas e possuírem fatores de alta capacidade, as centrais geotérmicas são capazes de fornecer eletricidade de base (IRENA, 2018), bem como serviços auxiliares para a flexibilidade de curto e longo prazo em alguns casos.

O recurso geotérmico fornece serviços de eletricidade e energia térmica (calor do processo, aquecimento e refrigeração do ambiente). No entanto, as estimativas do consumo de energia térmica (também conhecida como “uso direto”) são incertas devido à falta de dados mais concretos. Algumas usinas geotérmicas produzem os dois tipos de serviço, eletricidade e energia térmica para várias aplicações de calor. Estima-se que 0,7 GW da nova capacidade de geração de energia geotérmica entrou em operação em 2017, elevando o total global para cerca de 12,8 GW (REN21, 2018).

Este recurso também é responsável por uma parte significativa da disposição de eletricidade em alguns países como Islândia, El Salvador, Nova Zelândia, Quênia e Filipinas e mais de 90% da disposição por aquecimento na Islândia.

O desenvolvimento de tecnologias de co-produção geotérmica com petróleo e gás é uma outra possibilidade interessante e provável para o futuro (CROSS, 2009).

Tecnologias E1:

As tecnologias de **baixa temperatura** (E.1.1) e co-produção estão a ganhar informação e maturidade, e a indústria geotérmica está no início da exploração destas tecnologias, embora a maior parte da produção de energia geotérmica seja proveniente de tecnologias **hidrotérmicas convencionais** (E.1.2) (CROSS, 2009).

A tecnologia **EGS (Enhanced Geothermal Systems)** (E.1.3), requer perfuração em profundidade, onde as temperaturas do manto são suficientemente quentes para transferir calor da rocha porosa para um fluido de trabalho. Este fluido de trabalho por sua vez é bombeado para a superfície e a energia gerada a partir de algum tipo de central disponível. Desde de 2018, apresentam 18 centrais geradoras implantadas em todo o mundo. E cada vez mais equipes de operações e pesquisa trabalham para encontrar melhores maneiras de implementar melhorias e confiança (ANDERSON, 2019).

Em temperaturas mais altas onde o geofluido existe como vapor superaquecido são os sistemas de **centrais de vapor seco** (E.1.4) que são normalmente utilizados. As centrais que utilizam esta tecnologia a vapor seco compõem cerca de 23% da capacidade geotérmica total mundial, com 63 usinas em operação gerando uma total de 2863 MW em 2014 (ANDERSON, 2019). Esta tecnologia utiliza o vapor superaquecido da terra a alta pressão, o qual é direcionado a uma turbina a vapor, onde a energia é extraída. Essas usinas normalmente têm maior eficiência em relação a outros tipos de usinas geotérmicas devido a fontes de alta temperatura. No entanto, existem limites para o uso de sistemas de vapor seco, devido ao facto das fontes geotérmicas de alta temperatura serem mais difíceis de localizar.

Outro tipo de usina geotérmica é a que utiliza tecnologias movidas por vapor de flash. Em 2014, as tecnologias de vapor de flash passaram a compor a maioria das fontes geotérmicas do mundo com capacidade instalada de geração de energia (ANDERSON, 2019). Quando essas fontes de vapor são trazidas para a superfície, os geofluidos são expandidos através de um turbina para geração de energia. A maioria do fluido total permanece como líquido, que é novamente expandido a menor pressão para recuperar mais energia (ANDERSON, 2019)

O IRENA, coordena e facilita o trabalho da Aliança Geotérmica Global (GGA), uma plataforma para diálogo aprimorado e partilha de conhecimento para ações coordenadas para aumentar a participação da eletricidade geotérmica instalada e geração de calor em todo o mundo. Isso para promover o desenvolvimento mais amplo de energia geotérmica.

Tecnologias E2:

Como já foi mencionado anteriormente o desenvolvimento da tecnologia por **ciclo binário** (E.2.1), o fluido geotérmico é usado via trocadores de calor para aquecer um fluido de processo em circuito fechado. E quanto a tecnologia de **bombas de calor** (E.2.2), segundo ANDERSON (2019), foi relatado que 55,2% da capacidade instalada na geotérmica usava bombas de calor geotérmicas (GHPs) para transferir calor do geofluido para o espaço de aquecimento. O uso dos GHPs, em vez dos métodos de aquecimento mais tradicionais pode economizar cerca de 52,8 milhões de toneladas de petróleo bruto anualmente. Porém as tecnologias desta fonte renovável não possuem um nível de maturidade como as das fontes fósseis.

Tecnologias E3:

Sem destaque neste tópico.

4.1.6 Tecnologias: F1, F2 e F3

Como já foi identificado no Capítulo 4, com tecnologias ainda sem maturidade suficiente para ser comercialmente viável, não será desenvolvida de modo aprofundado como os outros recursos e tecnologias.

A energia oceânica continua sendo uma fonte de energia renovável em grande parte inexplorada, apesar de décadas de esforços de desenvolvimento, com muitos protótipos implantados. Sua produção foi de aproximadamente 529 MW de capacidade operacional ao final do ano de 2017 (REN21, 2018).

Segundo o website do IRENA (2018), as promissoras tecnologias oceânicas incluem:

Energia das ondas: nesta tecnologia, os conversores captam a energia contida nas ondas do oceano e utilizam-na para gerar eletricidade. Os conversores incluem colunas de água oscilantes que prendem as bolsas de ar para acionar uma turbina; conversores de corpo oscilantes que usam movimento de onda; e conversores de *overtopping* que fazem uso de diferenças de altura.

Energia das marés: produzida por tecnologias de amplitude das marés, usando uma barragem (ou outra barreira) para recolher a energia entre a maré alta e a baixa, tecnologias de corrente de maré ou aplicativos híbridos. Tecnologias de conversão energética nesta fonte possui influência direta com as fases da lua. Atualmente substituído por outras tecnologias mais cômodas e viável, devido a isso os moinhos de maré não continuaram a ser desenvolvida nem a atingir um nível de maturidade mais elevado.

Energia gradiente de salinidade: resultante de diferentes concentrações de sal, como ocorre quando um rio desagua num oceano. Os projetos de demonstração usam "osmose de pressão retardada", com a água doce fluindo através de uma membrana para aumentar a pressão num tanque de água salgada, e "electro diálise reversa" com íões de sal passando por tanques alternados de sal e água doce.

Conversão de energia térmica oceânica: gera energia a partir da diferença de temperatura entre a água do mar da superfície quente e a água do mar fria a uma profundidade de 800 a 1.000 metros.

As tecnologias de corrente de maré são provavelmente as mais próximas da maturidade tecnológica, com as primeiras turbinas de maré (um conjunto de múltiplas turbinas interconectadas (REN21, 2018)). Por outro lado, o desenvolvimento da tecnologia de energia das ondas mostra muito pouca convergência tecnológica, devido, em parte, à diversidade dos recursos das ondas e à complexidade de extrair energia das ondas. Os responsáveis pelas tecnologias de conversão de energia térmica nos oceanos e de

gradiente de salinidade estão longe de implementar comercialmente, as melhorias tendo lançado apenas alguns projetos-piloto (REN21, 2018).

4.1.7 Tecnologias: G1, G2 e G3

Além de ser a principal fonte de energia do mundo, o petróleo também apresenta tecnologias com um maior grau de maturidade, desde as tecnologias para o aquecimento de ambientes até outras tecnologias para mover turbinas, ou gerar eletricidade (PONZONI,2009).

Como já apresentado no Capítulo 2, subtópico 2.3.7, os derivados deste recurso podem ser muitos e são utilizados em diferentes setores e tecnologias. Entre os derivados do petróleo destacam-se o diesel, o querosene de aviação, gás de destilação, óleo combustível, gás liquefeito, asfalto, piche, lubrificantes, e outros produtos refinados (THOMAS, 2011).

Tecnologias G1:

O processo fundamental das tecnologias aplicadas às centrais termelétricas baseia-se na conversão de energia térmica em energia mecânica e está, em energia elétrica. A conversão de energia térmica em mecânica é feita com o uso de um fluido que produzirá, ao longo do processo de expansão, trabalho em turbinas térmicas. O acionamento mecânico de um gerador elétrico acoplado ao eixo da turbina converte energia mecânica em elétrica. A produção da energia térmica pode ser dada pela transformação da energia química dos combustíveis.

As centrais termelétricas podem possuir diferentes formas de serem classificadas, como: Potência, pequena (< 50 MW), média (50 a 100 KW) e grande (> 100KW); Tipo de combustível; tecnologia utilizada (caldeira, turbinas, motor de combustão) (STUCHI, 2015).

A geração de energia elétrica a partir de derivados de petróleo ocorre por meio da queima desses combustíveis em centrais termelétricas e motores de combustão interna. A utilização de caldeiras e turbinas é similar aos demais processos térmicos de geração (THOMAS, 2001).

As termelétricas funcionam com um conjunto de maquinário e tecnologias para que seja possível a produção da eletricidade, essas tecnologias podem ser as seguintes: as **Caldeiras** (G.1.1) são destinadas a produzir vapor sob pressão (superior que à atmosfera), assim, esta tecnologia utiliza a energia química proveniente do processo de combustão do combustível utilizado (Oléo, diesel), para gerar calor. Nas termelétricas as caldeiras são projetadas para serem utilizadas a uma temperatura entre 400 e 560 °C, a uma faixa de pressão na ordem de 2 a 8 Mpa.

As **Turbinas a vapor** (G.1.2), por ser uma máquina térmica, utiliza o vapor, que transforma energia térmica em cinética (devido a sua expansão), e logo é convertida em

energia mecânica de rotação por meio da força do vapor sobre as pás. Essas turbinas são consideradas máquinas térmicas de combustão externa.

Já a **Turbina a Gás** (G.1.3), converte a energia potencial termodinâmica presente nos gases com alta temperatura em trabalho mecânica. Essas turbinas podem ser classificadas como: pequenas (até 1 MW), médio porte (1 MW a 15 MW) e grande porte (> 15 MW).

O uso de petróleo na geração termelétrica entre 1960 e 1973, cresceu a uma taxa média de 19% ao ano, chegando a constituir 26% de toda geração de eletricidade no mundo. Em alguns países (Japão, Dinamarca, Itália, Irlanda e Portugal), chegou a representar 60% de geração de eletricidade (PONZONI, 2009).

Com a crise do petróleo, nos anos 1970, o carvão voltou a ocupar maior expressividade na geração de eletricidade e fontes alternativas como o gás natural tornaram-se mais atrativas (SMIL, 2008a). Em 2001 a participação relativa do petróleo na geração de eletricidade situou-se em torno de 7,5%, segundo a Agência Internacional de Energia (2003).

Tecnologias G2:

As **caldeiras** (G.2.1) alimentadas por combustíveis derivados do petróleo, podem ser por combustível líquido ou gasoso (combustíveis minerais). Dentre os combustíveis líquidos, estão a gasolina, o óleo diesel e o óleo combustível. Estes combustíveis são formados de hidrocarbonetos (SERFATY, 2007). Os Combustíveis Gasosos mais utilizado é gás liquefeito do petróleo (ERESE, 2019).

As caldeiras podem ser classificadas, em aquatubulares e flamotubulares (ALTAFINI, 2002). As caldeiras aquatubulares têm a circulação de água por dentro dos tubos, envolvidos por gases quentes. Apresentam uma utilização mais ampla, possuindo vasos pressurizados internamente e de menores dimensões relativas, o que viabiliza econômica e tecnicamente a possibilidade de maiores espessuras e assim operar com pressões mais elevadas. São mais utilizadas em instalações de maior porte e também para se obter vapor superaquecido (LEITE e MILITÃO, 2008). E as caldeiras flamotubulares, são aquelas onde os gases quentes passam por dentro de tubos e a água a ser aquecida e evaporada está ao redor destes tubos. Por motivos de seu aspecto construtivo, as caldeiras flamotubulares apresentam valores limitados de produção e pressão, já que as partes internas submetidas à pressão são relativamente grandes, o que impede o emprego de chapas de maiores espessuras (ALTAFINI, 2002). Estas ainda podem ser verticais ou horizontais, e são em geral compactas.

Após ocorrer a combustão, é aproveitado o calor, e então são descartados na atmosfera através da chaminé. (ERESE, 2019)

Tecnologia G3:

A invenção dos **motores de combustão interna** (G.3.1) (gasolina, década de 1890) tornou potencialmente valiosas as frações mais leves do petróleo, mas tornaram-se indispensáveis apenas na América do Norte, com o surgimento da propriedade de carros

em grande escala e a difusão de camiões (em alguns lugares, a conversão do transporte ferroviário para o rodoviário e o aumento da propriedade de automóveis só começou após a Segunda Guerra Mundial) (JACKSON, 2006). Menos de duas décadas após o surgimento dos primeiros veículos motorizados, começaram a usar-se motores a gasolina. Dentro de uma geração, depois desse avanço fundamental, surgiu a aviação comercial após a Primeira Guerra Mundial (SMIL, 2008a).

O automóvel foi uma invenção datado no ano 1876, quando Nikolaus Otto construiu o primeiro motor de ciclo a quatro tempos a gás de carvão. Maybach de Otto em 1885 desenvolveu o primeiro carro motorizado do mundo, alimentado pelo motor a gasolina horizontal mais lento (PONZONI, 2009)

A combinação de motor a gasolina a quatro tempos, ignição elétrica e um carburador, deu início à grande indústria manufaturada da história. Já nos anos 50, esse novo negócio foi revolucionado pela introdução do motor a combustão interna e da turbina a gás (SMIL, 2008b)

As perspectivas para a aviação comercial de longa distância mudaram muito com a invenção dos motores a jato. Embora o termo seja incorreto porque as máquinas podem queimar combustíveis líquidos e gasosos, o nome técnico adequado para motores a jato é turbinas a gás (SMIL, 2010). Eles são muito parecidos com os motores que alimentam veículos terrestres, comboios e navios, motores de combustão interna, mas diferem dos motores Otto e diesel.

Nas **turbinas a gás** (G.3.2), o compressor do ar precede a adição de combustível em uma combustão contínua e não intermitentemente, e a energia do fluxo de ar quente é extraída por uma turbina que é conectada ao compressor pela compressão do ar. Parte da energia do gás quente gira a turbina e o restante gera impulso para a frente ao sair pelo escape (SMIL, 2008a).

Porém, tecnologias voltadas para o trabalho mecânico em aviações têm utilizado a tecnologia de combustão com o combustível querosene, pois este distingue da gasolina por causa do ponto de fulgor, ou seja, a temperatura de ignição, tornando o uso mais seguro (PONZONI, 2009).

Quanto aos veículos terrestres, muitos utilizam gasolina ou diesel. A tecnologia de motores de combustão a diesel não necessita vela de ignição, pois o motor de pistão quando recebe o diesel injetado, queima instantaneamente e ocorre a ignição.

Os diferentes tipos de motores podem ter diferentes tipos de combustíveis para ter uma melhor resposta ao trabalho. Os motores de carro de Fórmula 1, um dos desportos que mais movimenta o PIB mundial, utilizam combustível mais volátil do que os de automóveis comuns permitindo um alto desempenho e melhores resultados.

No **motor de combustão externa** (G.3.3), o combustível não entra em contacto com o fluido de trabalho. Este é um processo usado principalmente nas centrais termoelétricas a vapor, nas quais o combustível aquece o fluido de trabalho (em geral a água) numa máquina a vapor ou uma caldeira até gerar o vapor que, ao se expandir numa turbina, produzirá trabalho mecânico.

4.1.8 Tecnologias: H1, H2 e H3

A radioatividade é provavelmente a característica da energia nuclear que suscita a maior parte da preocupação do público.

A produção de energia através da fonte nuclear tem sido objeto de controvérsia desde o início. Em muitos debates, a produção de energia nuclear foi vista com a introdução de mais um tipo de arma atualmente. Porém, as tecnologias são voltadas especialmente para a geração de eletricidade.

Uma usina nuclear é, em muitos aspectos, semelhante a uma usina de combustível fóssil, sendo o reator nuclear a caldeira que produz vapor para as turbinas (BOYLE, 2003).

No meio do século XX as primeiras usinas nucleares foram desenvolvidas, muitos projetos diferentes de reatores foram testados, dos quais poucos foram utilizados.

No período de 1998 a 2001, a produção nuclear, mesmo com o contínuo aumento, não acompanhou o ritmo da recente taxa de crescimento de 3-4% da indústria elétrica mundial, fornecendo cerca de um sexto do total de eletricidade mundial. Porém, no final de 2001, haviam mais de 400 reatores em operação comercial em 31 países diferentes, com uma capacidade total de produção de cerca de 360 GW e uma produção anual de pouco menos de 2500 TWh (BOYLE, 2003). Cerca de um quarto de todos os reatores estão concentrados nos Estados Unidos, França e Japão.

Tecnologias H1:

A **Fissão Nuclear** (H.1.1) do átomo, acontece quando o seu núcleo é dividido. Desta forma, utilizam-se átomos que tenham no núcleo muitos prótons e nêutrons, o que os torna mais fácil de serem rompidos. É o caso do urânio 235 e do plutônio 239. O objetivo de se dividir o núcleo dos átomos é aproveitar a energia calorífica que se liberta em consequência deste rompimento. É no reator nuclear onde ocorre a fissão dos núcleos de um átomo, originando a reação.

Após a divisão (rompimento) dos núcleos liberta-se grande quantidade de energia que vai aquecer um reservatório de água fechado (circuito primário), por sua vez o vapor d'água vai aquecer outro reservatório de água (circuito secundário), finalmente esse vapor vai mover a turbina. A turbina realiza o seu trabalho fazendo girar o eixo do gerador que produz a energia elétrica.

A tecnologia de **Fusão Nuclear** (H.1.2), como o nome sugere, é a tecnologia que leva a união de dois núcleos mais leves para formar um mais pesado. Com isso, é o inverso da fissão nuclear.

Tecnologias H2:

Usinas nucleares são usinas térmicas que usam o calor produzido na **fissão** (H.2.1) para libertar a energia que como explicado na no H.1.1., aquece um reservatório de água produzindo vapor d'água.

Nuclear	Menor emissão de dióxido de carbono e poluentes na geração, comparado com outras fontes; Reprocessamento do combustível Nuclear
----------------	--

A tabela com os principais dados sobre esta dimensão, foi referida no texto a seguir.

Impactos Socioambiental Positivo:

Impactos Socioambiental Positivo: A1

Geração de energia com menos emissão de CO₂ e poluentes, por não disponibilizar da combustão de qualquer combustível (Anuário Mineral Brasileiro, 2010).

Impactos Socioambiental Positivo: B1

De acordo com TOLMASQUIM (2004), empreendimentos eólicos fora de rotas de imigração não perturbam os pássaros, e eles tendem a mudar a sua rota de voo entre 100 a 200 metros, passando acima ou ao redor da turbina.

Com o aumento da potência unitária das turbinas, torna-se mais vantajoso em relação econômica e ambiental. Gerando mais energia, pode-se diminuir o número de rotores em movimento assim, diminuindo o impacto visual, de acordo com CASTRO (2011).

Das vantagens atribuídas à energia gerada por fonte eólica destaca-se o facto dela não utilizar a água como elemento chave para a geração da energia elétrica, não apresenta resíduos radioativos ou emissões gasosas nocivas.

As tecnologias do sistema eólico, além de ter um grande nível de maturidade, são equipamentos fiáveis, com taxas medias de disponibilidade superior a 95%, e duradouros, com vida útil estimada a 25 anos (CASTRO, 2011).

Impactos Socioambiental Positivo: C1

O principal ponto que merece destaque é a oportunidade em proporcionar o desenvolvimento da região do em torno da área submersa pela utilização das vias fluviais para o transporte e o estímulo às atividades de lazer e de turismo na região.

A água contida (Albufeiras) pode ser usada na irrigação de plantações próximas, valorizando a agricultura regional (CASTRO, 2011).

Impactos Socioambiental Positivo: D1

O aproveitamento energético e racional da biomassa tende a promover o desenvolvimento de regiões menos favorecidas economicamente, por meio da criação de

empregos e da geração de receita, reduzindo o problema do êxodo rural e a dependência externa de energia (ANEEL, 2019).

Este recurso quando utilizado na produção de eletricidade por combustão, leva a libertação de CO₂ e outros subprodutos da combustão (CARDOSO, 2012). No entanto, o CO₂ libertado é largamente compensado pelo que foi absorvido no crescimento original da biomassa, ou que será capturado no crescimento de nova biomassa. Este impacto é destacado por outros autores como Fernades (2009), referência muito utilizada por alunos na área de energias renováveis, mecânica, engenharia florestal entre outros cursos. Porém eu discordo a partir do ponto que destaca como um impacto ambiental positivo, pois a utilização da biomassa emite grande percentual de gases e alguns poluentes, como as outras tecnologias, e o fato de as plantas captam o CO₂ presente na atmosfera através da sua respiração, isso não deve justificar essas tecnologias se destacarem positivamente em relação a outras tecnologias em outros recursos.

Uma característica vantajosa que deve-se destacar, é a geração de trabalho. De facto, existe o intensivo de mão de obra, geralmente sem muita qualificação, desde a colheita, transporte e processamento da matéria prima. Nos países desenvolvidos, a produção de combustível sólido através da biomassa varia de 750 / 1000 homens/ano, a necessidade de trabalhadores é maior que a no processo de produção do combustível derivado do petróleo (NOGUEIRA, 2003).

Impactos Socioambiental Positivo: E1

Nenhum combustível é queimado, pois o calor é derivado de um abundante reservatório subterrâneo. Produz 10% de dióxido de carbono, o que é muito pouco comparado à quantidade consumida pelas plantas. A energia geotérmica é relativamente mais barata, especialmente quando usada diretamente, por exemplo, como fonte de calor em estufas (FERNANDES, 2009).

Impactos Socioambiental Positivo: F1

Sem muita informação recolhidas pelo facto das tecnologias deste recurso não possuírem maturidade suficiente ainda para se tornar comercializável ou serem inviáveis pelo custo e produção de energia.

Impactos Socioambiental Positivo: G1

Um dos fatores que marcou a era do petróleo na época da sociedade moderna por volta de 1859 foi a descoberta que a destilação do petróleo resultava em um produto que substituía o óleo de baleia (milhares de animais eram caçados e mortos para se extrair o óleo) que era largamente utilizado na iluminação (PONZONI, 2009).

Impactos Socioambiental Positivo: H1

Para a produção de eletricidade, a operação da usina nuclear é uma das menos agressivas ao meio ambiente, referente a emissões de CO₂ ou de outros poluentes convencionais, como o dióxido de enxofre.

Maior parte do combustível nuclear é diretamente reprocessado. O reprocessamento visa re-enriquecer o urânio exaurido, tornando possível ser novamente utilizado como combustível. A parte do combustível que não é reprocessada imediatamente é armazenada para reprocessamento futuro, ou é armazenada em depósito próprio.

Outro ponto positivo, é que com todas as dificuldades, a indústria nuclear com investigações e pesquisas tem tentado desenvolver um reator nuclear que, baixará o custo na construção e operação e ainda mais seguro do que os projetos existentes. Elas estão a ser promovidas como uma opção tecnológica aprimorada para gerar a eletricidade livre de carbono que será necessária no final do século XXI, buscando mitigar as variáveis da tal mudança climática (BOYLE, 2003)

Impactos Socioambiental Negativo:

Tabela 6: Dimensão de Impactos Socioambientais Negativos

Impactos Socioambiental Negativo			
	Eletricidade	Calor	Trabalho Mecânico
Solar	Exploração da matéria prima para a fabricação das tecnologias (Silício); Nível de toxicidade no desuso do semicondutor; Supressão permanente de vegetação para a implantação.		
Eólica	Poluição visual; Ruídos; Interferência na fauna; Interferência eletromagnética; Efeito Estroboscópico; Supressão da vegetação na implantação.		
Hídrica	Emissão de gases nocivos (construção); Ruídos; Alagamento de região (Albufeiras) causando perda de Habitat e afugentamento da fauna; Desvio e modificação da bacia hidrográfica regional		
Biomassa	Utilização de fertilizantes e pesticidas; Degradação do solo e ameaça a Biodiversidade;		

Geotérmica	Efeito sísmico na utilização de algumas tecnologias; Emissão de Sulfeto de hidrogênio (mau cheiro) Destruição de áreas naturais Distúrbios no ecossistema local Contaminação dos cursos de água superficiais
Oceânica	
Petróleo	Combustão emite maior quantidade de CO ₂ comparado com outras fontes, emite gases poluentes; Atividade de sísmica afeta alguns grupos de fauna.
Nuclear	Emissão de poluentes na mineração para a retirada da matéria prima, e na construção da usina (utilização de combustível fóssil);

Impactos Socioambiental Negativo: A1

A extração da matéria prima para a tecnologia. A extração do silício para a produção das células fotovoltaicas. Basicamente, o “silício bruto” (minério utilizado para a fabricação das células fotovoltaicas) pode ser obtido a partir da sílica (SiO₂) que é encontrada no quartzo e no quartzo leitoso (que, por sua vez, é abundante no Brasil). Esta sílica necessita de um tratamento de redução (processo químico) a temperaturas que ultrapassam 1500°C. O resultado desse processo é o silício metalúrgico que ainda possui pouca aplicação na indústria tecnológica. Após a primeira parte do tratamento, é necessária mais uma etapa para a obtenção do silício de grau solar que já pode ser utilizado na fabricação de células solares (CASTRO, 2011).

As fontes naturais do quartzo são escassas, e as maiores reservas encontram-se no Brasil. As suas reservas de cristal de quartzo (quartzo hialino) são de aproximadamente 6 343 147 toneladas (Anuário Mineral Brasileiro, 2010). No garimpo deste mineral, antes da explosão com dinamite, é prática comum abrir minas nos veios maiores das rochas, com o intuito de extrair cristais de quartzo intactos destinados a ornamentação e para outros fins. Barbosa e Porphírio (1995) mencionam também ocorrências de reservas de quartzo leitoso, na Índia, China, Canadá, Portugal e Coreia do Sul. O Brasil ainda não possui um parque tecnológico e industrial para refinar o silício em grau solar e produzir as células fotovoltaicas, e por isso importa esses componentes para confecção dos módulos (CASTRO, 2011).

É de grande importância o destaque na fabricação e desuso da tecnologia. As toxicidades relacionadas ao fabrico das células fotovoltaicas e os impactos ambientais podem ser classificados em três estágios: nível de materiais, nível do sistema e nível de reciclagem (CASTRO, 2011). No nível de Materiais, as tecnologias mais eficientes, como o silício e o CdTe são baseadas em processamento de materiais tóxicos de alto nível que tem o pior efeito quando eles estão expostos a seres vivos ou durante o processamento. No nível do Sistema, os aspectos de engenharia das tecnologias fotovoltaicas devem ser

refinados para usar recursos mínimos. Já no nível de reciclagem, é uma parte muito importante onde os materiais fotovoltaicos são separados para se reutilizar o máximo dos recursos.

Os materiais semicondutores de maior eficiência são relacionados ao processamento tóxico e ao nível de toxicidade usado no processamento dos materiais de energia solar. A manipulação e reciclagem de materiais tóxicos adequados seria um caminho a seguir para tornar as tecnologias de energia limpas menos poluentes, menos emissões de gases com efeito estufa e mais ecológicos (CASTRO, 2011). As políticas de fabricação e a reciclagem devem ser devidamente propostas para tornar as tecnologias menos tóxicas e poluentes. Isso pode ser feito através de aplicações de políticas industriais globais (CASTRO, 2011).

Impactos Socioambiental Negativo: B1

Estando associada a benefícios ambientais significativos do ponto de vista das emissões nocivas ao ambiente, existem alguns pontos que não podem ser negligenciados, como a implementação do projeto no meio ambiente, sendo eles o impacto visual (para alguns), o ruído mecânico associado ao gerador e motores, e o ruído do movimento das pás (existem turbinas de baixo ruído no mercado, porém é inevitável o barulho das pás com a velocidade do vento) e os problemas com migração de aves (CASTRO, 2011).

Impactos relacionados ao visual. De acordo com GIPE (1999), a estética para alguns, com o aparecimento de uma máquina eólica no horizonte é símbolo de um caminho para um futuro sustentável, para outros um impacto visual grave.

A poluição sonora é outra preocupação comum. Porém essa preocupação é alimentada em parte por antigas turbinas eólicas barulhentas que foram instaladas no início dos anos 80. Mesmo com tecnologias mais aprimoradas de turbinas, ainda assim, a máquina eólica em operação apresenta um som perceptível por pessoas próximas.

Grande parte desses impactos negativos podem ser minimizados ou mesmo eliminados através de planejamento e estudos adequados, aliados aos avanços e inovações tecnológicas em desenvolvimento.

Para a fauna e flora, a fase de construção de centrais eólicas pode provocar alguns impactos local durante a fase de construção, desde a perda de habitat, a supressão da vegetação local e conseqüentemente o afastamento dos animais.

Na fase de geração, a rotação das turbinas causa uma queda da pressão atmosférica na região próxima à extremidade das pás, quando os morcegos passam por essa zona de baixa pressão aos seus pulmões, sofrem uma expansão repentina, o que resulta no rompimento dos vasos capilares do órgão causando hemorragia interna, podendo ser afetados por golpes diretos pelas pás das turbinas. A principal causa de morte é essa queda repentina de pressão próxima das estruturas dos aerogeradores.

As aves sofrem menos com os impactos que os morcegos devido ao seu sistema respiratório mais robusto, não sofrem com o problema de despressurização. (VILLEY MIGRANE, 2004).

Os aerogeradores, em alguns casos podem refletir as ondas eletromagnéticas. Isso implica que podem interferir e perturbar sistemas de telecomunicações. Os campos

eletromagnéticos de turbinas de vento podem afetar a qualidade de rádio e telecomunicações, bem como comunicações de micro-ondas, celular, internet e transmissão via satélite.

O efeito estroboscópico, é devido à passagem das pás antes do sol que ocorre no início ou no final do dia quando o sol está mais baixo no céu. O sombreamento intermitente pode causar incomodo e prejudicar pessoas que sofrem de epilepsia, além de náuseas e dores de cabeça nos moradores afetados. Porém, não à trabalho científico que comprove estes sintomas até o momento.

Impactos Socioambiental Negativo: C1

Nas hidroelétricas, os reservatórios construídos para o armazenamento da água são chamados de Albufeira, como já exemplificado no subtópico 4.1.3. Porém a construção dessas Albufeiras implica que algumas áreas fiquem submersas, com diversas perturbações ao ambiente e destruição de habitat natural. Em muitos casos, as hidroelétricas de grande potência são consideradas uma fonte de energia renovável não pacífica (CASTRO 2011).

As centrais hidroelétricas possuem a nomenclatura a fim de separar as pequenas e grandes centrais, sendo que as pequenas com menos de 10MW, por possuírem impactos ao ambiente considerados diminutos, e consideradas renováveis, porém as grande Hídricas, mesmo utilizando uma fonte renovável produzem efeitos não desprezáveis ao ambiente, designadamente ao nível das emissões de gases nocivos, na fase da construção e diversas consequências negativas, se tornando questionável a classificação como renovável (CASTRO 2011).

As modificações nos reservatórios de água manipulação na Bacia hidrográfica regional, para a instalação de hidroelétricas acarreta desvios de pequenos rios e até o desaparecimento de alguns. Levando a uma consequência ainda pior, é a destruição de pequenas aldeias e plantações que utilizavam e sobreviviam deste rio.

Impactos Socioambiental Negativo: D1

Emissões de gases e substâncias tóxicas do resultado das práticas agrícolas como o uso de fertilizantes e pesticidas, irrigação, preparação do solo e a colheita, Além do uso da terra antes da conversão do biocombustível é um fator crítico na avaliação do impacto ambiental. Onde o potencial de redução de gases poluentes sofre marcadamente se as pastagens ou florestas forem usadas para biocombustíveis.

Uma demonstração através de uma análise de sensibilidade mostra que a produção excessiva de culturas energéticas nesta fonte poderia trazer consequências graves para o meio ambiente, tais como a deflorestação, degradação do solo e ameaças à biodiversidade.

Alguns dos impactos que mais se destacam no processo de produção e consumo da biomassa, é a exemplo nos Estados Unidos a plantação de milho para o Etanol

(biocombustível), onde, antes da vegetação crescer, o solo fica exposto a erosão. Para se obter uma boa produção existe grande quantidade de aplicações de fertilizante a base de azoto, atividade a qual é responsável pela lixiviação deste contaminante nas bacias hidrográficas do país, além de gerar maiores emissões monóxido de azoto, um gás ainda mais nocivo que o CO₂ para o efeito estufa.

O Etanol produzido através da cana de açúcar não é tão benigna ao ambiente assim, onde a queima para a colheita é libertada grande quantidade de poluentes na atmosfera (SMIL, 2013).

Se a base do combustível dos Estados Unidos fosse satisfeita por Etanol proveniente do Milho, seriam necessários 220 hectares de terra. Segundo Smil (2013), a produção massiva do etanol não proporciona benefícios económicos nem sociais e muito menos ambientais.

Impactos Socioambiental Negativo: E1

Na tecnologia de vapor seco, para geração de eletricidade, o vapor quente da Terra aumenta a corrosão nas pás da turbina (para a geração de energia) que aumentam as despesas operacionais.

Na utilização da tecnologia Enhanced Geothermal Systems - EGS, frequentemente, ocorrem efeitos sísmicos durante a estimulação, que resultam em pequenos terremotos que apresentam preocupações óbvias de insegurança.

A outra desvantagem da energia geotérmica é a libertação de sulfeto de hidrogênio, identificada pelo cheiro de ovo podre característico.

Ainda nos impactos impacto na etapa de exploração, ocorre desde a construção de caminhos de acesso que pode causar a destruição de áreas naturais com o levantamento da cobertura vegetal, enquanto que a localização propriamente dita pode causar distúrbios no ecossistema local, por exemplo: ruídos, levantamento de pós, fumos e também, em algumas zonas, pode causar a erosão do solo (ERESE, 2019).

Já na etapa de operação, ocorre contaminação dos cursos de água superficiais, e resulta da deposição na superfície de fluidos geotérmicos, os quais contêm uma grande variedade de iões (sódio, potássio, cálcio, flúor, magnésio, iodatos, silicatos, iodatos, antimónio, estrôncio, bicarbonato, etc.). Aqueles que causam maior preocupação são os químicos de maior toxicidade como: boro, lítio, arsénico, sulfureto de hidrogénio, mercúrio, rubídio e amoníaco. A maioria deles diluem-se e permanecem em solução na água pelo que podem penetrar na vegetação aquática e dali passar para os peixes. (ERESE, 2019).

Impactos Socioambiental Negativo: F1

Sem muita informação recolhidas pelo facto das tecnologias deste recurso não possuírem maturidade suficiente ainda para se tornar comercializável ou serem inviáveis pelo custo e produção de energia.

Impactos Socioambiental Negativo: G1

Quando queimados os derivados do petróleo (gasolina, óleo combustível, óleo diesel etc.), produzem gases contaminantes, como monóxido de carbono, óxidos de nitrogênio e grande quantidade de dióxido de carbono comparado com as outras fontes, que poluem a atmosfera, contribuem para o aumento dos GEE, e para a formação de chuva ácida, entre outros efeitos nocivos (THOMAS, 2001).

Impactos Socioambiental Negativo: H1

Porém um ponto negativo, destaca-se na emissão de alguns poluentes emitidos a partir do combustível fóssil que é usado na mineração de urânio e na construção das usinas nucleares (BOYLE, 2003).

4.2.2 Riscos oferecidos:

A Tabela 7, referente a dimensão de riscos oferecidos foi analisada desde a implantação, operação das tecnologias para a geração do serviço, até na reciclagem e desuso do material.

Tabela 7:Dimensão de Riscos

Riscos	
	Eletricidade
	Calor
	Trabalho Mecânico
Solar	Contaminação da água na exploração da matéria prima para a fabricação de tecnologia;
Eólica	
Hídrica	Acidentes com a estrutura de uma hidroelétrica (desabamento);
Biomassa	Contaminação do lençol freático; Aumento no preço do alimento; Consequentemente fome;
Geotérmica	Erupção Hidráulica
Oceânica	Sem destaque aos impactos para este recurso, pois ainda apresenta tecnologias não comercializáveis e sem tanta maturidade, para buscar informações relevantes.

Petróleo	Acidente na fase de produção (captura) do Óleo, causando derrame; Mortalidade de grandes grupos de animais; Toxicidade para a população e fauna em vazamento de derivados;
Nuclear	Radioatividade na cadeia produtiva da matéria-prima; Acidente (radioatividade);

Esta tabela com os principais dados sobre esta dimensão, foi explicada no texto a seguir.

Riscos oferecidos: A1

Além das toxicidades relacionadas ao silício, a percepção de toxicidade do constituinte dos processos de extração de silício e da transformação do silício metalúrgico para grau solar, potencialmente são, emissão de gases de efeito estufa (incluindo hexafluoreto de enxofre) e de SO₂ (que causa chuva ácida), possibilidade de contaminação da água utilizada em processos de arrefecimento, riscos de acidentes e danos ambientais devido à utilização de produtos químicos corrosivos, manuseamento de substâncias explosivas (gás de silano) e gases tóxicos, geração de resíduos tóxicos (tetracloro de silício), e outros (TOLMASQUIM, 2016).

Riscos oferecidos: B1

Sem destaque neste tópico

Riscos Oferecidos: C1

Falta de manutenção pode levar a graves desmoronamentos com inundações e destruição de grandes áreas urbanas e rurais

Riscos Oferecidos: D1

A utilização de fertilizantes e substâncias tóxicas podem ser absorvidas pelo solo e serem levadas até o lençol freático, causando uma grande contaminação, afetando a saúde pública.

Em termos globais, existem riscos que levam a divulgar como biocombustíveis provocam fome. Com o desvio de aproximadamente 20% do milho para a produção de biocombustível, o preço do milho para alimentação começou a subir, e sentir o peso nos países que não produziam este biocombustível e utilizava o milho apenas para

alimentação de animais. No ano de 2007 o custo com alimentação nos Estados Unidos subiu cerca de 15%, segundo estudo do Congressional Budget Officer (2009).

Riscos Oferecidos: E1

Os riscos de erupção Hidrotérmica, que ocorre quando a pressão nos aquíferos geotérmicos, perto da superfície, atinge um nível crítico e empurra o material da superfície acima.

Riscos Oferecidos: F1

Sem muita informação recolhidas pelo facto das tecnologias deste recurso não possuírem maturidade suficiente ainda para se tornar comercializável ou serem inviáveis pelo custo e produção de eletricidade.

Riscos Oferecidos: G1

Mesmo com alta maturidade nas tecnologias, qualquer falha humana pode levar a um acidente na fase de produção, causando grandes derrames de óleo e interferir diretamente na fauna e flora local, e de forma indireta na economia local, a partir da diminuição turística na região, queda no consumo de alimentos com potencial para contaminação, entre outros.

A sísmica produzida na fase de prospecção do recurso, influencia diretamente na fauna marinha principalmente aos animais que utilizam o eco-som para identificar sua rota e forrageio, as ondas vibracionais produzidas pela sísmica podem desorientar esses animais e matar grandes grupos de animais.

Riscos Oferecidos: H1

Extração da matéria prima e reserva, existe a possibilidade de ocorrer em grandes impactos socioambientais, sendo este o aspecto mais controverso na construção e operação. Isto porque toda a cadeia produtiva do urânio, da extração à destinação dos dejetos que derivam da operação da central termoelétrica é permeada pela radioatividade (BOYLE, 2003).

Durante toda a fase de extração e processamento do minério, e de operação da usina nuclear, os níveis de radioatividade são permanentemente monitorados e controlados, para não superar os limites previstos pelos órgãos reguladores. No entanto, ainda existe um grande risco que não se conseguiu encontrar uma solução definitiva, o dos dejetos radioativos que são tão perigosos quanto um acidente nas centrais termoelétricas.

Embora a maioria dos reatores nucleares na maioria dos países operem com muita monitorização e sem problemas sérios de segurança, alguns acidentes graves, como os da Windscale no Reino Unido em 1957, a Three Mile Island nos EUA em 1979 e Chernobyl na Ucrânia em 1986 (considerado o acidente mais desastroso da história, com uma

combinação de falhas no projeto e falha dos operadores do reator) e o de Fukushima Daiichi em 2011 (acidente ocorreu após a central nuclear se atingida por um tsunami) são responsáveis por criar uma grande barreira contra as usinas nucleares e o grande medo da população (BOYLE, 2003). Apesar da opinião dos especialistas da indústria nuclear que argumentam que essas preocupações são irracionais.

4.2.3 Custo (Serviço e Instalação)

A análise dos custos pode ser detalhada, mas, para fins de comparação e transparência, a abordagem mais indicada é a simplificada. Isso permite uma análise mais aprofundada dos dados, melhora a transparência e a confiança na análise, e facilita a comparação de custos. Para uma análise mais detalhada o ideal seria uma tabela por país ou região para cada tecnologia e identificar os principais fatores de diferença de custo.

O mercado de tecnologias de energia renovável, ocasionalmente não é bem equilibrado, devido ao rápido crescimento dos mercados e variações meteorológicas. Como resultado, os preços podem subir acima dos custos no curto prazo, se a oferta não estiver a expandir tão rapidamente quanto a procura, enquanto em tempos de excesso de oferta poderão ocorrer perdas e os preços poderão estar abaixo dos custos de produção. Isso pode tornar a análise do custo das tecnologias de geração de energia renovável um desafio.

Deste modo as fontes de dados recolhidos para a elaboração das Tabelas 8 e 9, foram informações do relatório de custo na geração de energia renovável do IRENA, 2018, da base de dados da IEA (International Energy Agency), da análise nivelada do custo de energia da LAZARD (versão 12, 2018), do EIA, 2019. Porém, os valores fornecidos pela fonte de referência da LAZARD, 2018, sempre mostra uma escala de custo da tecnologia, já o relatório do IRENA apresenta apenas um valor como média de todas as tecnologias.

Os valores foram apresentados em Dólar (USD), pois a conversão da moeda para Euro (€) poderia apresentar alguma diferença devido a cotação.

Os dados de custo referente ao recurso oceânico não tiveram destaque, pois esta fonte de energia apresenta tecnologias não comercializáveis e sem tanta maturidade, como já mencionada em capítulos anteriores.

O custo do serviço (Tabela 8) é apresentada através do setor de custo nivelado da eletricidade (LCOE – levelised cost of electricity), que é o preço mínimo que a energia pode ser vendida para que o projeto seja equilibrado (LEE, 2014), neste custo inclui todos os valores ao longo da vida útil do sistema (investimento inicial, operação e manutenção e custo de combustível). Leva em consideração também a produção por ano e vida útil (NAICKER, 2019).

Tabela 8: Custo médio mundial, serviço oferecido [Adaptada: (IRENA,2018; IEA, 2019a, LAZARD, 2018 e NOUEIRA, 2003)].

Custo - Serviço (USD/kWh)			
	Eletricidade	Calor	Trabalho Mecânico
Solar	0,036 – 0,046 _(A.1.1)	0,098 – 0,181 _(A.2.1)	
Eólica (on-shore)	0,056		
Eólica (off-shore)	0,127		
Hídrica	0,047		
Biomassa	0,062		
Geotérmica	0,071 – 0,111		
Oceânica		Sem destaque	
Petróleo	0,0105		
Nuclear	0,112 – 0,189 _(H.1.1)		

Através da análise da Tabela 8 que apresenta o custo médio dos serviços oferecidos para cada célula, nota-se que o custo está intimamente relacionado à disponibilidade do recurso. Um recurso abundante, por exemplo o vento, possui menor custo por kWh em relação a um recurso menos abundante, como a nuclear (urânio).

E o petróleo ainda assim, é o serviço mais barato para o consumo comparado com todas outras tecnologias abordadas neste trabalho.

Dados referente aos recursos renováveis foram obtidos através do IRENA, uma média do custo de todas as tecnologias. Referente ao serviço de eletricidade no recurso do petróleo os dados foram retirados do EIA 2019, o qual apresenta uma evolução do custo e uma prospecção. O Custo deste recurso foi comparado com o custo apresentado na fonte de referência da LAZARD, 2018, e os valores são semelhantes, nesta última referência também foi obtido o custo da tecnologia nuclear.

O custo da tecnologia A.1.1 (abrange as células fotovoltaicas de silício cristalino e células fotovoltaicas de filme fino. Não é citado o custo das células fotovoltaicas orgânicas) e A.2.1, foram retiradas das análises do LAZARD, 2018.

A tabela 9 apresentada a seguir teve como base, dados obtido através do Relatório de custo na geração de energia renovável do IRENA (2018) o qual forneceu as os dados de custo referentes aos recursos renováveis, e incluem para a implantação da tecnologia, os custos de equipamentos (por exemplo, módulos fotovoltaicos [PV] ou turbinas eólicas, maquinário), custos de financiamento, custos totais de instalação, custos fixos e variáveis de operação e manutenção (O&M), custos de combustível (se houver).

O custo referente ao recurso do petróleo e nuclear foram obtidos através da referência do IEA (2019a), entende-se que o valor apresentado abrange as mesmas variáveis ou quase todas variáveis apontadas na referência do IRENA (2019), indicada anteriormente.

Tabela 9: Custo total Médio Instalado Mundial [Adaptado: (IRENA, 2018; IEA, 2019a)]

Custo - Custo total médio instalado (USD/kW)			
	Eletricidade	Calor	Trabalho Mecânico
Solar	1500		
Eólica (on-shore)	1270		
Eólica (off-shore)	4353		
Hídrica	1492		
Biomassa	4116		
Geotérmica	2100		
Oceânica		Sem destaque	
Petróleo	856		
Nuclear	9375		

Na Tabela 9, nota-se que a energia nuclear é uma forma muito cara de se produzir energia. Ela possui um período de planejamento, aprovação e construção muito dispendioso, além da necessidade de diversos aparatos tecnológicos virados para a redução do risco de acidentes (LAZARD, 2019). As energias eólica, hidráulica e solar, apesar de não possuírem uma fonte constante, ou seja, dependem de fatores meteorológicos, apresentam o custo de instalação bastante inferior ao custo da energia nuclear e biomassa. O valor da média ponderada apresentada foi recolhida do relatório do IRENA (2019).

Na tecnologia de hidrelétrica, os custos totais instalados abrangem uma ampla gama, refletindo em natureza muito específica do local e região do projeto a ser instalado. Dependem do tamanho do projeto, projetos menores geralmente tendo custos mais altos, projetos maiores tendem a ter custos muito mais homogêneos (IRENA, 2019). Geralmente se enquadram nos US \$ 1 000 – 2 500 / kW.

O petróleo possui o menor custo total médio instalado, o que justifica seu uso massivo atualmente. Além da necessidade em alguns setores como já foi apresentado.

4.2.4 Dimensão: Emissão de CO₂

A Tabela 10 reúne os dados de emissões de CO₂ por kWh de eletricidade produzido a partir das diferentes fontes de energia. Teve como base dois artigos científicos para a construção desta.

Os dados recolhidos neste trabalho, apresentaram emissão de CO₂ por geração de eletricidade apenas. Assim, fica como perspectiva para continuação deste trabalho o desenvolvimento desta dimensão para os outros serviços.

Tabela 10: dimensão referente a emissão de Dióxido de carbono (CO₂) [Adaptado: RAADAL,2011; WANG, 2012].

Dióxido de Carbono (CO₂) (g CO₂/kWh)			
	Eletricidade	Calor	Trabalho mecânico
Solar Fotovoltaico	53,4 – 250		
Solar Térmico	13,6 – 202		
Eólica	9,7 – 123		
Hídrica	3,7 – 237		
Biomassa	35 – 178		
Geotérmica	122		
Oceânica		Sem destaque	
Petróleo	742		
Nuclear	24		

Na Tabela 10, observa-se que a geração de eletricidade através de parques eólicos é a tecnologia que pode vir a produzir menos emissões de CO₂ por kWh. A fase de produção dos componentes utilizados nos parques eólicos é a que mais contribui para o total de emissões de um parque eólico, durante o seu ciclo de vida

Tanto nas tecnologias de parques eólicos, como nas tecnologias aplicadas a centrais hidroelétricas, é a fase de construção (implantação da tecnologia) que mais contribui para a emissão dos gases que contribuem para o efeito estufa, sendo as emissões durante a fase de operação praticamente nulas, quando comparada com os valores obtidos por outras tecnologias (AMORIN, 2013).

Ainda no estudo realizado por RAADAL (2011), foi avaliado o ciclo de vida as emissões de CO₂ em diferentes potências de aerogeradores, verificou-se que para aerogeradores de maior potência (3 MW) as emissões de CO₂ são menores, quando comparadas com os aerogeradores de potência inferior. Indicando que os aerogeradores

mais pequenos necessitam de mais energia do ciclo de vida, por unidade de energia gerada, que os aerogeradores de mais capacidade.

Logo, para concluir a Tabela 10 de modo mais esclarecedor, torna necessário pesquisar a emissão por cada tecnologia e não apenas a média por célula da matriz (serviço e recurso). Porém esta recolha de informação necessita de mais tempo, por serem dados mais detalhados para se adquirir.

4.2.5 Dimensão: Eficiência das tecnologias de conversão

A Dimensão referente à eficiência das tecnologias é de grande importância e encontra-se interligada diretamente com outros setores, como na economia, no custo, emissão de dióxido de carbono. Porém, durante o desenvolvimento desta dimensão foi possível perceber, a dificuldade em encontrar informações claras, identificando o mesmo problema inicial desta tese, conflito de informações e o termo sendo utilizado de diversas formas incorretas.

Deste modo, não será construída a tabela desta dimensão. Será necessário o desenvolvimento de um outro trabalho mais apurado para o enriquecimento e esclarecimento desta, a eficiência em cada célula da matriz. Apenas será identificada e definido o conceito de modo simples e esclarecedor.

A Eficiência nas tecnologias é definido pela eliminação de desperdícios (novas tecnologias e inovação em antigas tecnologias), por meio de um consumo racional. Não significa o racionamento, ou a diminuição de uso, logo não compromete a produtividade ou desempenho da produção de energia, não implica perda de qualidade de vida nem poupança. Proporciona vantagens, de modo a melhorar o aproveitamento das instalações e equipamentos, reduzir o consumo energético específico e consequente aumento da produtividade, sem afetar a segurança, além de racionalizar as despesas associadas ao consumo energético e aumentar o lucro por unidade de produto (RIBEIRO, 2011).

De uma maneira geral, todas as rotas tecnológicas podem ser aplicadas em processos de cogeração, a ser um dos modos mais rentáveis e vantajoso de se aplicar a Eficiência nas tecnologias (equipamentos). Sendo a cogeração a produção de dois ou mais serviços energéticos a partir de um único processo ou tecnologia para geração de energia, tradicionalmente mais utilizada por setores industriais.

A eficiência nas tecnologias foi o maior travão no crescimento de emissões de CO₂(equivalente) em 2018, mas sua contribuição foi cerca de 40% menor que em 2017, em grande parte devido a uma desaceleração contínua na implementação de políticas de eficiência energética (IEA, 2018).

Para uma mudança e a aplicação desta dimensão na Indústria, seriam necessários 130 mil milhões por ano até 2050. Os setores da indústria dariam uma contribuição importante para a economia de energia, e a maioria dos investimentos em eficiência energética pagaria em três anos (REN21, 2018).

4.3 Discussão e considerações finais

É necessário ter cautela ao absorver informações sobre o tema em questão, pois essas informações podem tender a acentuar o problema inicialmente destacado. Por exemplo, a mídia tem abordado sobre emergência climática e a necessidade de tomar medidas imediatas. Porém, o presente trabalho demonstrou que as emissões dos gases de efeito estufa tem apresentado queda nos últimos anos em alguns países da União Europeia, chegando a alcançar valores abaixo da meta estabelecida.

Agravantes como mudanças meteorológica e emissões de poluentes atmosféricos, sempre existiram, porém, surgiu a ideia que as tecnologias de fontes renováveis irão resolver os problemas relacionados a poluição e alterações climáticas. Ao longo do desenvolvimento do presente trabalho, foi possível destacar as vantagens e inconvenientes de cada tecnologia para o meio ambiente.

Foi observado que a maturidade das tecnologias voltadas para trabalho mecânico no setor de transporte e indústria ainda são dependentes dos derivados do petróleo. Na eletricidade, as tecnologias de conversão dividem a matriz energética de modo competitivo entre os recursos renováveis e fósseis.

Dentre as tecnologias aplicadas à fontes renováveis, para melhorar o rendimento é aceitável um percentual de até 25% de outro recurso proveniente de uma fonte fóssil, uma vez que os recursos renováveis dependem das condições climáticas e meteorológicas. Torna-se evidente que os serviços energéticos provenientes de recursos renováveis e de recursos fósseis ainda possuem uma necessidade de desenvolverem-se juntos em muitos casos.

Os serviços energéticos fornecidos, por meio dos recursos solar, eólico, hídrico e biomassa apresentam o menor custo para o serviço oferecido dentre as fontes renováveis, sendo que os impactos negativos coletados para a geração de energia solar e biomassa são mais relevantes e preocupantes com relação a mitigação e minimização, do que os impactos negativos coletados para a geração de energia eólica. As tecnologias para serviço de eletricidade no recurso hídrico se destacam com a preocupação dos riscos regional que podem oferecer com a falta de manutenção.

A Matriz Multidimensional sugerida respondeu às expectativas dando início a um modelo que busca facilitar o entendimento entre os recursos naturais existentes, as tecnologias de conversão existentes e os diferentes serviços que utilizamos. As dimensões destacadas e análises tiveram a sua importância na construção deste modelo, porém, devem ser desenvolvidas especificações detalhadas para cada célula da matriz, além de outras dimensões. Mesmo sendo um modelo benéfico, é necessário um futuro inquerido para saber o quanto vantajoso para a população e para as tomadas de decisão tem sido.

Através do modelo elaborado nesta tese, organização da informações curadas e cientificamente recolhidas, se torna prático, simples e essencial na tomada de decisões sobre as tecnologias de conversão, levando em consideração o critério das características do local, condições climáticas predominantes e ao investimento inicial disponível.

CAPÍTULO 5

5 CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

5.1 Conclusão

Apresentou-se um modelo conceptual em formato de matriz multidimensional, o qual reuniu informações relevantes que foram recolhidas e inseridas na elaboração deste modelo, sendo esses apresentados no tópico 4.1 (Tecnologias de conversão) e o tópico 4.2 (Dimensões: impactos socioambientais, riscos, custo, emissões de CO₂ e eficiência nas tecnologias de conversão).

Propôs-se na matriz apresentada, 24 células voltadas a organização das tecnologias de conversão o qual foi agregado cada tecnologia em sua célula respectiva, seguiu com a identificação das dimensões. Foram identificadas 5 dimensões, 4 destas foram classificadas apenas para o serviço de eletricidade e apenas 1 citada (eficiência das tecnologias de conversão). No caso da dimensão de eficiência das tecnologias de conversão também existem imenso ruído, sendo por ventura necessário um modelo conceptual próprio para abordar de modo exato esse tema

É importante enfatizar que este modelo elaborado deverá ser enriquecido com novas pesquisas, visando valorizar e reunir a maior quantidade de informações verídicas apresentadas na literatura.

Este modelo permitiu organizar as informações referentes ao tema abordado de modo mais dinâmico, sem algum interesse na divulgação das vantagens ou inconvenientes das tecnologias, permitindo assim identificar e classificar de modo organizado e clara as tecnologias de conversão.

5.2 Trabalhos futuros

Dar continuidade ao presente estudo, com o apoio de outros acadêmicos, de modo a detalhar a tabela de Custo, bem como a tabela de Emissão de CO₂, para cada tecnologia e para os outros serviços. Posteriormente, acrescentar novos recursos e outras dimensões importantes a serem analisadas, como a usuabilidade, economia e dimensões físicas, ou seja, parâmetros de implantação.

Desenvolver um estudo de forma aprofundada sobre eficiência nas tecnologias de conversão. Um modelo conceptual apenas para organizar este tema.

Criar uma plataforma digital para dispositivos eletrônicos com os dados da Matriz Multidimensional, objetivando a praticidade e a viabilizando a aprendizagem sobre o tema em questão, permitindo atingir diversas classes da sociedade. O projeto está em desenvolvimento, onde está sendo aplicado concursos de ideias inovadoras e educacionais voltadas para a sociedade, com o intuito de obter financiamento, permitindo a continuidade deste projeto. O principal objetivo dessa etapa é orientar e esclarecer a sociedade como um todo, disponibilizando informações a respeito das tecnologias de

conversão entre os recursos naturais existentes e os serviços oferecidos, bem como as dimensões mais influentes.

Desenvolver um produto aplicável ao público alvo (jovens do ensino secundário e superior), como jogos didáticos em versão digital e físico (uma forma de fixar as informações), combinado com um plano de ensino para conhecimento ao tema da Matriz Multidimensional desenvolvida no presente estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABES., 2017. **Atlas brasileiro de energias solar**. Disponível em: http://ftp.cptec.inpe.br/labren/publ/Atlas_Brasileiro_Energi_Solar_2a_Edição.pdf>. Acesso em: 24 Julho. 2019.

ADOM, D., HUSSEIN, E.K., AGYEM, J. A. **Theoretical and conceptual Framework: Mandatory Ingredients of a Quality Research**. International Journal of Scientific Research. Volume 7, 2018.

ALTAFINI, C. R. **Curso de engenharia mecânica: Caldeiras**. Caxias do Sul: Universidade de Caxias do Sul, 2002.

AMORIM, D. A. L. A. **Peada de Carbono de uma empresa produtora de Eletricidade de Fontes Renováveis**. Relatório de dissertação do MIEN. Faculdade de Engenharia do Porto. 2013

ANDERSON, A., e REZAIE, B. **Geothermal technology: Trends and potential role in a sustainable future**. Elsevier: applied energy. 2019.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas parte II: Biomassa**. Disponível em <http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas_par2_cap4.pdf>. Acesso em 20 de Outubro de 2019b.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica **Biomassa**. Disponível em: <[http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/05-Biomassa\(2\).pdf](http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/05-Biomassa(2).pdf)>. Acesso em 20 de Outubro de 2019

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica **Energia Eólica**. Disponível em: <[http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/06-energia_eolica\(3\).pdf](http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/06-energia_eolica(3).pdf)>. Acesso em 27 de Agosto de 2019

ANUÁRIO MINERAL BRASILEIRO, 2010. **Departamento Nacional de Produção Mineral**. Disponível em: <<http://www.anm.gov.br/dnpm/paginas/anuario-mineral/arquivos/anuario-mineral-brasileiro-2010>>. Acesso em: 03/05/2018.

APA - Agência Portuguesa do Ambiente. **Emissões de Poluentes Atmosféricos por Concelho 2009: Gases acidificantes e eutrofizantes, precursores de ozono, partículas, metais pesados e gases com efeito de estufa**. 2011

APA - Agência Portuguesa do Ambiente. **Estratégia Nacional para o ar 2020 – Emissões Atmosféricas e Qualidade do Ar Ambiente: Enquadramento e Diagnóstico**. 2015 (a)

APA – Agência Portuguesa do Ambiente. **Formulário Único SIRAPA Manual de Apoio ao Preenchimento do Formulário PRTR - Emissões de Combustão Determinação de emissões ar por fatores de emissão**. 2015 (b)

AQUINO, R. S., LUCK, M., SCHÄNZEL, H. A. **A conceptual framework of tourism social entrepreneurship for sustainable community development.** Journal of hospitality and tourism management. Elsevier. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA NUCLEAR (ABEN). **Análise comparativa das alternativas energéticas quanto às emissões diretas e indiretas de CO₂.** 2008. Disponível em: <http://www.zonaeletrica.com.br/downloads/20080410_ibama_3.pdf>. Acesso em: 28 out. 2018

BARBOSA, M. I. M., PORPHÍRIO, N. H.. **Caracterização Tecnológica de Lascas de Quartzo.** Centro de Tecnologia Mineral. Rio de Janeiro. 1995.

BARROSA, M. R. da, **Princípios Fundamentais da Transferência de Calor.** Dept. de Engenharia Naval e oceânica. 2004

BARBOSA, A. N. F. **Segurança do Trabalho e Gestão Ambiental.** Atlas. 2010.

BOYLE, G., EVERETT, B. e RAMAGE, J. **Energy Systems and Sustainability: Power for Sustainable Future.** Oxford th University Press. 2003

BURTON, T. et.al. **Wind Energy – Handbook.** Wiley. 1947

CARBON. **Biomass heating A practical guide for potential users-** Disponível em: https://www.carbontrust.com/media/31667/ctg012_biomass_heating.pdf, acesso em 20 de fevereiro de 2019.

CARBONTRUST. **Biomass heating A practical guide for potential users-** Disponível em: https://www.carbontrust.com/media/31667/ctg012_biomass_heating.pdf, acesso em 20 de fevereiro de 2019.

CARDOSO, B. M., **Uso da Biomassa como Alternativa Energetica.** Dissertação de Licenciatura. Universidade do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2012.

CARNEIRO, P. G. C., **Avaliação Económica da Biomassa para a Produção de Energia.** Universidade do Minho. 2010.

CARVALHO, C. C. **Fontes Heliotérmicas: Um estudo sobre o funcionamento e o potencial de implantação no Brasil.** Dissertação de Conclusão de Curso. Curitiba, 2016.

CASTRO, R., **Introdução às energias Renováveis: eólica, fotovoltaica e mini-hídrica.** IST Press. 1ºed. 2011

CCDRN (comissão de coordenação e desenvolvimento Regional do Norte). Disponível em <https://www.ccdr-n.pt/sites/default/files/ficheiros_ccdrn/ambiente/fontes.pdf>, acesso em 12 de setembro de 2019

CENBIO – Centro Nacional de Referência em Biomassa. . **Atlas de**

bioenergia do Brasil. São Paulo: CENBIO, 2008.

CENTRO DE CIÊNCIA VIVA DE TAVIRA . Radiação Solar. Disponível em: <<https://www.cvtavira.pt/home/index.php?id=60>>. Acesso em 31 de outubro de 2019.

CGEE - Centro de Gestão e Estudos Estratégicos Ciência, Tecnologia e Inovação. **Oportunidades para a Difusão de Tecnologias de Energia Limpas: Subsídios para a Participação Nacional na Conferência de Mudança do Clima.** Brasília, 2009.

CHEN, J. **Barril de petróleo equivalente (BOE).** 2019. Disponível em:<<https://www.investopedia.com/terms/b/barrelofoilequivalent.asp>>, acesso em 08 de outubro de 2019.

CHEREMISINOFF, N.P., CHEREMISINOFF, P. N., e ELLERBUSCH, F. **Biomassa: Application, Technology, and Production.** Marchel Dekker. 1980

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legi.cfm> >. Acesso em: 20 setembro. 2019.

CONCAWE – **Alguns tópicos sobre a qualidade do ar.** Disponível em <<https://www.concawe.eu/wp-content/uploads/2017/09/Portugese-Alguns-topicos-sobre-a-qualidade-do-ar.pdf>>, acesso em: 12 de setembro 2019.

CORONA, B., SAN MIGUEL, G., **Environmental Assessment of Concentrating Solar Power (CSP) Technology Using LCA.** 2013. Disponível em: <https://www.gnest.org/proceedings/cest2013/public_html/papers/0426.pdf>. Acesso em 20 de janeiro de 2019

CROSS, J. e FREEMAN, J. **2008 Geothermal Technologies Market Report.** U.S. Departamento de Energy. 2009.

DIAS, J. A. **“Todo mundo é composto de mudanças”: considerações sobre o clima e a sua história. I O sistema climático da terra.** CIMA – Centro de investigação marinhae ambiental, Universidade do Algarve. 2016

DÖLLER, V. **Formal Semantics for Conceptual Modeling Languages based on Model Theory.** PoEM. 2018.

DRAGONI, J. F. **Segurança, Saúde e Meio Ambiente em Obras Diretrizes voltadas à gestão eficaz de Segurança e Saúde no Trabalho, Segurança Patrimonial e Meio Ambiente em obras de pequeno, médio e grande porte.** LTR. ELETROBRAS. 2005.

DUTRA, R. M. **Viabilidade técnico-econômica da energia eólica face ao novo marco regulatório do setor elétrico brasileiro.** Rio de Janeiro, 2001. Disponível em:<http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/teses_mestrado/200102_dutra_r_m_ms.pdf>. Acesso em: 29 de setembro 2019.

EIA. **Annual Energy Outlook 2019: with projections 2050**. 2019.

ENERGIA HELIOTÉRMICA, 2014. **Campo solar**. Disponível em: <http://energiaheliotermica.gov.br/pt-br/energia-heliotermica/oque-e-energia-heliotermica>>. Acesso em 22 de outubro de 2019

ERESE – Entidade reguladora dos serviços energéticos. **Manual de Eficiência energética**. Disponível em: <http://www.erse.pt/pt/planodepromocaodaeficiencianoconsumoppec/poupar/Documents/MEE_GNF.pdf>, acesso em 03 de novembro de 2019

FEDRIZZI, M. C. **Pequenos sistemas de bombeamento fotovoltaico: análise da competitividade com outras opções**, III Congresso Brasileiro de Planejamento Energético, 2002.

FERNANDES, E.O. et. al. **Energias Renováveis**. Atelier Nunes e Pã. 2009

FERREIRA, A. S., FENATO, A. J. **Potencial Impacto Ambiental Fotovoltaica**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Edição 06. Vol. 01 2017

GIPE, P. **Wind energy basic: A guide to Small and Micro Wind Systems**. Chelsea Green, 1999

GRIPE, P. **Wind Power for home and business: renewable energy for the 1990s and beyond**. Chelsea Green, 1993

GONÇALVES, D. A., FIGUEREDO, T. de, e RIBEIRO, A.C. **Alterações climáticas e Agricultura**. Resvista da APH.2012.

HAU, E. **Wind Turbines: Fundamentals, Technologies, Application, Economics**. Springer, Berlin. 2006.

HERNÁNDEZ, C. V., et. al. **Novo método para avaliar o papel a longo prazo da geração de energia eólica na redução de emissões de CO₂ – Estudo de caso da União Europeia**. Elsevier. 2019.

HIRATA, K. **Stirling Engine home page**. 1995. Disponível em: <[HUhttp://www.bekkoame.ne.jp/~khirataUH](http://www.bekkoame.ne.jp/~khirataUH)>, acesso em 10 de outubro 2019.

HOSSAIN A.K., DAVIES P.A., **Pyrolysis liquids and gases as alternative fuels in internal combustion engines: a review**. Elsevier: renewable and sustainable energy reviews. 2013

IEA – International Energy Agency. **Generator Cost**. Disponível em: <<https://www.eia.gov/electricity/generatorcosts/>>. Acesso em 13 de outubro de 2019a.

IEA – International Energy Agency. **Global and CO₂ Status Report 2018**. 2019b.

- IEA – International Energy Agency. **Perspectives for the Energy Transition**. 2018
- IEA – International Energy Agency. **World Energy Outlook 2018: executive summary**. 2019c
- INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Atlas Brasileiro de Energia Solar**. SP. 2006
- IRENA – International Renewable Energy Agency. **Geothermal Power: Technology Brief**. 2017
- IRENA – International Renewable Energy Agency. **Renewable Power Generation Cost in 2018**. 2019
- IRENA – International Renewable Energy Agency. **Renewable power generation costs in 2018** 2019
- IRENA – International Renewable Energy Agency. **Solid biomass supply for heat and power: Technology Brief**. 2018
- IRENA – International Renewable Energy Agency. **Wind Power: Technology Brief**. 2016
- IWO, J.B., MANOVIC, V. **Biomass resources and biofuels potential for the production of transportation fuels in nigeria**. Elsevier, Revisão de energias Renováveis e Sustentáveis. 2016.
- JACKSON, P. M. **Why the “Peak oil” theory falls Down – Miths, legends and the futury of Oil Resources**. Cambride Energy Research Associates (CERA). 2006.
- JUNQUEIRA, R. C. **Valoração monetária dos impactos ambientais de usinas fotovoltaicas através de avaliação de ciclo de vida**. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2016
- KALOGIROU, S. A. **Solar energy engineering: processes and systems**. Academic Press, Elsevier, EUA. 2009
- LACY, I. H. **Nuclear Energy: in the 21st Century**. World nuclear university press. 2003
- LAHIMER, A. A., ALGHOUL, M. A., et. al. **Research and development aspects of pico-hydro power**. article, Elsevier: Renewable and Sustainable Energy. 2012.
- LARSEN, U., JOHANSEN, T., SCHRAMM, J. **Ethanol as a fuel for road transportation**. IEA Implementing Agreement on Advnced Motor Fuel. 2009.
- LAZARD. **Cost of Energy**. 2018. Disponível em:< <https://www.lazard.com/media/450784/lazards-levelized-cost-of-energy-version-120-vfinal.pdf>>. Acesso em 13 de outubro de 2019.

LEE, C. W., ZHONG, J. **Top down strategy for renewable energy investimento: Conceptual framework and implementation.** Elsevier. Renewable Energy. 2014

LEÃO, R. **Tecnologia de Geração de Energia Elétrica.**

LEITE, N. R., MILITÃO, R. de A. **Tipos e aplicações de caldeiras.** PROMINP – ENGENHEIRO DE SUPRIMENTOS. Disciplina : Fabricação e Montagem de Caldeiras e Trocadores de Calor. Escola Politécnica, Departamento de Engenharia Mecânica. 2008

LÜDKE, M. C. **A Rota Metalúrgica do Silício: Da extração do quartzo à obtenção do silício de grau fotovoltaico.** Universidade Federal de Santa Catarina, Araranguá, 2018.

LODI, C. **Perspectivas para a geração de energia elétrica no Brasil utilizando a tecnologia solar térmica concentrada.** Rio de Janeiro, 2011.

MAFIOLETTI, R., MARTINS, G., TURRA, F. **Produção de etanol nos Estados Unidos da America.** Revista de Política Agrícola. Nº3. 2011

MAGNOLI, D., SCALZARETTO, R. **Geografia, espaço, cultura e cidadania.** Volume 1. Moderna, São Paulo, 1998

MARIANO, J.B. **Impactos ambientais do Refino de Petróleo.** Tese. Universidade Federal do Rio de Janeiro – COPPE. Rio de Janeiro, 2001.

MARQUES, A. L. de M., **Utilização Energética da Biomassa em Portugal** Caso de Estudo da Tratalixo. Dissertação mestrado. Lisboa; 2015

MARTINS, C. R. et.al. **Ciclos globais de Carbono, Nitrogênio e Enxofre: a importância na química da atmosfera.** Caderno temático de química nova nas escolas, nº5. 2003.

MENDONÇA, P. **Habitar sob uma segunda pele: estratégias para a redução do impacto ambiental de construções solares passivas em climas temperados** dissertação de doutoramento, universidade do Minho. 2005.

MONTEIRO, C. V. **Identificação e análise de riscos como subsídio à elaboração de um programa de gerenciamento de riscos de uma pequena central hidrelétrica.** IX Congresso nacional de excelência em gestão. 2013

NAICKER, P., THOPIL, G. A. **A framework for sustainable utility scale renewable energy selection in South Africa.** Elsevier. Journal of Cleaner Production. 2019

NOGUEIRA, L. A.H., LORA, E. E. S. **Dentroeneria: fundamentos e aplicações.** 2 ed. Interciência. Rio de Janeiro. 2003.

OLIVEIRA, R. M. da S. **Definição sucinta de motor de combustão interna volumétrico alternativo.** Disponível em <
<http://www.ansr.pt/SegurancaRodoviaria/ArtigosTecnicos/Documents/DEFINI%C3%87%C3%83O%20SUCINTA%20DE%20MOTOR%20DE%20COMBUST%C3%83O>

20INTERNA%20VOLUM%20C3%89TRICO%20ALTERNATIVO.pdf>. Acesso em 11 de outubro de 2019.

PAVINATTO, E. F. **Ferramenta para auxílio a análise de viabilidade técnica da conexão de parques eólicos a rede elétrica**. Dissertação de mestrado, COPPE / UFRJ, 2005.

PINHO, J.T. GALDINO, M.A. **Manual de Engenharia para sistemas fotovoltaicos**. 2014

PONZONI, L. K. **Capacitação Tecnológica e Inovação na Indústria** Tese Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2009.

PORTO, M. F. de S. et.al. **Justiça Ambiental e mineração de urânio em Caetité/BA: Avaliação crítica da estão ambiental e dos impactos à saúde da população**. Relatório preliminar. Fiocruz. 2014.

PORTO, M. F. e PORTO, R. L. **Gestão de Bacias hidrográficas**. Scielo. São Paulo. 2008

QUERINO, C. A. S., et. al. **Estudo da Radiação Solar Global e do índice de transmissividade (KT), externo e interno, em uma floresta de magnitude em Alagoas – Brasil**. Revista Brasileira de Meteorologia. 2011.

RAADAL, H. L., **Emissões de gases de efeito estufa do ciclo de vida (GEE) da geração de energia eólica e hidrelétrica**. Revisões sobre energia renovável e sustentável, Elsevier. 2011.

REA – **Relatório do Estado do Ambiente**. Portugal. 2018

RENDLEMAN, C. M., SHAPOURI, H. **New Technologies in etanol production**. USDA – United States Departamento f Agriculture.2007.

REN21. **Renewable 2018 Global Status Report: 2018**

RIBEIRO, L. F. **Manual de Boas Práticas Energéticas – PROBIOENER**. ENGi3. 2011

ROBISON, S., ARBEZ, G., BRITA, L. **Conceptual Modeling: Definition, Pourpose and Benefits**. Winter Simulation Conference. 2015.

RUDIN, A. **How greater Enery Efficiency Increases Resource Use**. Central Sociological Association. 2004.

SAMPAIO, P. G. V., GONZÁLEZ, M. O. A. **Photovoltaic solar energy: Conceptual framework**. Renewable and Sustainable Enery Reviews. Elsevier. 2017.

SERFATY, R. **Combustão e queimadores**. CENPES. 2007

SES (Stirling Energy Systems). **Solar Dish Stirling Systems Report for NREL CSP Technology Workshop. 2007.** Disponível em

http://www.nrel.gov/csp/troughnet/pdfs/2007/liden_ses_dish_stirling.pdf, acesso em 12 de novembro de 2019.

SILVA, R.A. **Biomassa: geração de energia: tecnologias**. ANELL. Brasília. 2011.

SMIL, V. **Oil: A Beginner's Guide**. Oneworld Publication. England, 2008^a

SMIL, V. **Energy in Nature and Society: General energetics of complex systems**. Massachusetts Institute of Technology. Hong Kong. 2008b

SMIL, V. **Prime movers of globalization: the history and impact of diesel engines and gas turbines**. Massachusetts Institute of Technology. 2010.

SMIL, Vaclav. **Energia: Mitos e Verdades – A ciência ao serviço do debate sobre a política energética**. Editora Monitor. 2013

STUCHI, G. A. D. et. al. **Geração termelétrica: Principais componentes e tipos de centrais termelétricas**. Monografia, Universidade de São Paulo. 2015

THOMAS, J. E. **Fundamentos da engenharia de Petróleo**. Petrobras Rio de Janeiro. 2001

TOLMASQUIM, M. T. **Alternativas Energéticas Sustentáveis no Brasil**. Rio de Janeiro, 2004.

TOLMASQUIM, M. **Energia Renovável: Hidráulica, Biomassa, Eólica, Solar, Oceânica**. v. 53. Rio de Janeiro. 2016.

TOMASZEWSKI, S.G., CHOI Y.C., **The Conceptual Framework: Past, Present, and Future**. Review of Business. Vol. 38. 2018

TORRE SOL ENERGY, **Gemasolar**. Disponível em <<http://www.torresolenergy.com/TORRESOL/gemasolar-plant/en>>, acesso em 04 de novembro de 2019.

TYNER, W. E. The US **Ethanol and Biofuels Boom: Its origins, current status, and future prospects**. BioScience. V.58. 2008.

U.S. Congressional Budget Officer. 2009. **The Impact of Ethanol Use on food prices and Green-house Gas emission**. Disponível em:<<http://www.cbo.gov/ftpdocs/100xx/doc10057/04-08-etanol.pdf>>, acesso em: 15 de agosto de 2019

U. S. Geological Survey. **Inventário Mundial del Petróleo - USGS** 2001.

VALLÊRA, A. M; BRITO, M. C., **Meio século de história Fotovoltaica**. Disponível em:<<http://solar.fc.ul.pt/gazeta2006.pdf>>. Acesso em: 25 Julho. 2019.

VIANA, T.S. **Potencial de geração de energia elétrica com sistemas fotovoltaicos com concentrador no Brasil.** Tese de doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil. 2010

VELHO, S. R. K. et. al. **Nível de Maturidade Tecnológica: uma sistemática para ordenar tecnologias.** Brasília. 2017

WALTER, A. et.al. **Brazilian sugarcane ethanol: developments so far and challenges for the future.** CTBE/CNPEM. Energy Environmental, 2013

WALTER, O. L. **História de eletricidade.** 2010. Disponível em:<<http://www.univasf.edu.br/~edmar.nasciemnto/iee/1Historiaeletricidade.pdf>>. Acesso em 21 setembro. 2019.

WANG, Y., SUN, T. **Life cycle assessment of CO₂ emissions from wind power plants: Methodology and case studies.** Elsevier, renewable energy. 2012.

YOUNG, N S., **Application of straight vegetable oil from triglyceride based biomass to in engines.** Elsevier: renewable and sustainable energy reviews. 2017