

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA POLITÉCNICA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA METALÚRGICA E DE MATERIAIS

BIANCA DO CARMO FERNANDES

**ANÁLISE DE INFORMAÇÕES CHAVES DE UMA USINA DE ENERGIA
RENOVÁVEL A PARTIR DO SOFTWARE DE CAPTURA DE DADOS EDS**

SÃO PAULO

2020

BIANCA DO CARMO FERNANDES

**ANÁLISE DE INFORMAÇÕES CHAVES DE UMA USINA DE ENERGIA
RENOVÁVEL A PARTIR DO SOFTWARE DE CAPTURA DE DADOS EDS**

Versão Original

Monografia apresentada ao Departamento
de Engenharia Metalúrgica e de Materiais
da Escola Politécnica da Universidade de
São Paulo para obtenção do título de
Engenheira de Materiais.

Orientador: Eduardo Monlevade

SÃO PAULO

2020

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Ficha Catalográfica

Fernandes, Bianca

Análise de informações chaves de uma usina de energia renovável a partir do software de captura de dados EDS / B. Fernandes – São Paulo, 2020.

85 p.

Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais.

1. FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEIS 2. USINA DE COGERAÇÃO DE ENERGIA 3. CAPTURA DE DADOS 4. EMISSÕES DE POLUENTES.

I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais II. t.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer inicialmente ao professor Eduardo Monlevade por ser meu orientador, por estar sempre disponível para me ajudar e a me proporcionar importantes diretrizes para a realização desse trabalho.

Gostaria também de expressar minha profunda gratidão ao pessoal da Albioma, em especial a Pierre Szymansk, meu tutor, que me ensinou muito e me guiou durante o meu estágio em Paris, e também a Emmanuel Borel, que sempre se interessou pelo meu trabalho e confiou em mim para desenvolvê-lo. Obrigada também a Rémi Semblat, que fez o estágio comigo na área de engenharia de processos e foi uma ótima companhia e amigo durante não só esse período. Eles foram pessoas essenciais no começo de construção da minha carreira.

Obrigada também aos meus amigos mais próximos, em especial a Marina Nigro, pelo apoio e motivação na realização desse trabalho, pela amizade e cumplicidade que só crescem. Gostaria ainda de agradecer ao Guy Rabe por sempre me incentivar, me aconselhar, me ouvir e a torcer tanto por mim. Eles me ajudaram muito a manter o foco e a disciplina dificultado nesse período de quarentena.

Por fim, gostaria de agradecer imensamente a minha família, que permaneceu ao meu lado durante todo o período de realização desse trabalho. Obrigada por sempre me incentivarem, me apoiarem, ouvirem meus desabafos e serem meu porto seguro para tudo. Obrigada por tudo que fizeram para que eu chegasse até aqui.

RESUMO

FERNANDES, Bianca do Carmo. **Análise de informações chaves de uma usina de energia renovável a partir do software de captura de dados EDS.** 2020. 85 p. Monografia (Graduação em Engenharia de Materiais) – Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais (PMT), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2020.

O objeto de estudo desse trabalho é a usina Albioma Le Gol, uma usina termoeletrica de cogeração pertencente ao grupo Albioma e localizada na Ilha da Reunião no Oceano Índico. Essa usina pode funcionar a carvão ou a bagaço de cana, a depender da safra da cana. Os objetivos do trabalho são a análise de informações chaves dessa usina coletadas a partir da ferramenta EDS, assim como o estudo da viabilidade do EDS como software de captura e tratamento de dados. Foram analisados dados de geração de energia bruta e útil, geração de vapor, e também a concentração de emissões de NOx, SOx, CO e materiais particulados durante um período de 95 dias. Em relação ao EDS, essa ferramenta apresentou diversos problemas relacionados a qualidade de conexão e a captura de dados incoerentes. A partir de modificações internas na empresa Albioma, esses problemas, em geral, foram superados, porém a credibilidade do software ficou abalada, com a equipe desconfortável em confiar 100% nele para o monitoramento a distância de suas usinas. Além disso, não foram comprovadas melhorias no funcionamento das plantas com o monitoramento que o EDS proporcionou. Já em relação a análise das informações da usina, com as informações de energia gerada naquele período, foi possível concluir que uma usina do porte da Albioma Le Gol poderia atender a população de uma região com aproximadamente 166 mil habitantes, como as cidades de Barretos e Guará, porém sendo ainda necessário investimento governamental e uma rede de distribuição bem estruturada. Além disso, foi possível também comprovar os benefícios para o meio ambiente que uma usina operando a biomassa apresenta em comparação a combustíveis fósseis, como o carvão fóssil, com a minimização considerável de emissões poluentes. Para a usina Albioma Le Gol, as emissões de materiais particulados e SOx apresentaram as maiores reduções, com 3,3 e 5 vezes menos emissões, respectivamente, com o uso da biomassa. Trazendo a análise para o Brasil, tem-se que o maior uso da

biomassa como fonte de energia é um grande aliado rumo aos objetivos assinados no Acordo de Paris, uma vez que a substituição do carvão fóssil e gás natural pela biomassa resultaria na redução de 137 Mt de CO₂e, o correspondente a 35% das emissões que deve-se reduzir para o cumprimento do Acordo em 2030.

Palavras – chave: Fontes de energia renováveis. Usina termoelétrica de cogeração. Captura e tratamento de gases. Emissões de poluentes

ABSTRACT

FERNANDES, Bianca do Carmo. **Analysis of key information of a renewable power plant with EDS data capture software.** 2020. 85 p. Undergraduate thesis (Materials Engineering Degree) – Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais (PMT), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020.

The object of study of this work is the Albioma Le Gol plant, a cogeneration thermoelectric plant belonging to the Albioma group and located on Reunion Island in the Indian Ocean. This plant can operate on coal or bagasse, depending on the harvest of the cane. The objectives of the work are the analysis of key information of this plant collected from the EDS tool, as well as the study of the viability of EDS as software for data capture and treatment. It was analysed data about gross and net energy, steam generation and the concentration of NO_x, SO_x, particulate materials and carbon monoxide over a period of 95 days. Regarding EDS, this tool presented several problems related to connection quality and incoherent data capture. From internal modifications at Albioma, these problems were solved, but the software's credibility was undermined, with the team uncomfortable in relying 100% on the tool for remote monitoring of its plants. In addition, there were no proven improvements in the operation of the plants with the monitoring provided by EDS. Regarding the analysis of the plant information, with the information of gross energy in that period, it was possible to conclude that a plant with the size of Albioma Le Gol could serve the population of a region with approximately 166 thousand inhabitants, such as the cities of Barretos and Guaíra, but government investment and a well-structured distribution network are still required. In addition, it was also possible to prove the environmental benefits that a plant operating on biomass presents in comparison to fossil fuels, such as fossil coal, with the considerable minimization of polluting emissions. For the Albioma Le Gol plant, emissions of particulate materials and sulfur oxides showed the greatest reductions, with 3.3 and 5 times less emissions, respectively, with the use of biomass. Bringing the analysis to Brazil, the greater use of biomass as an energy source is an ally towards the goals signed in the Paris Agreement, since the replacement of fossil coal and natural gas by biomass would result in the reduction of 137 Mt of CO₂e, corresponding

to 35% of the emissions that must be reduced to comply with the Agreement in 2030.

Keywords: Renewable energy sources. Thermoelectric cogeneration plant. Data capture and treatment. Pollutant emissions

Sumário

1.	Introdução	17
2.	Objetivos	20
3.	Revisão Bibliográfica	21
3.1	Emissões de gases do efeito estufa	21
3.2	Consequências das mudanças climáticas (WMO, 2019).....	25
3.3	Principais conferências ou protocolos mundiais	30
3.4	Gap de emissões: situação atual versus situação ideal para 2030 segundo Acordo de Paris	39
3.5	Matrizes energéticas renováveis	42
4.	Metodologia.....	47
4.1	O que é o EDS?	47
4.2	Como extrair dados usando EDS	48
4.3	Relatório diário.....	50
5.	Resultados e Discussões	53
5.1	Dificuldades da utilização do EDS.....	53
5.1.1	Problemas de conexão	53
5.1.2	Velocidade do Sistema	54
5.1.3	Confiabilidade dos dados.....	55
5.2	Geração de energia da usina Albioma Le Gol	56
5.2.1	Geração de Energia Bruta	56
5.2.2	Onde instalar uma usina de cogeração do porte de Albioma Le Gol no Brasil.....	57
5.2.3	Geração de Energia Útil.....	61
5.2.4	Relação entre vapor produzido e energia bruta	62
5.3	Emissões da usina Albioma Le Gol	64
5.3.1	Concentração de emissões versus limite permitido	67
5.3.2	Emissões geradas a partir de carvão fóssil versus bagaço	72
6.	Conclusões	78
7.	Apêndice	80
7.1	Relatório Diário da Usina Le Gol do dia 16 de junho de 2019.	80
	REFERÊNCIAS	81

Lista de Figuras

Figura 1: Capacidade instalada (esquerda) e produção de eletricidade (direita) em 2018 separadas por atividade e local.	18
Figura 2: Esquema ilustrando parcerias de usinas de açúcar e álcool com a empresa Albioma, produtos gerados e matérias primas utilizadas.	19
Figura 3: Emissões de gases do efeito estufa de 1990 a 2018	21
Figura 4: Emissões de gases do efeito estufa por setor em 2016	22
Figura 5: Contribuição do crescimento das emissões globais de 2010 a 2016 por setor.....	23
Figura 6: Países mais emissores de gases do efeito estufa, em base absoluta (esquerda) e em base per capita (direita).....	24
Figura 7: Variação da temperatura média global desde 1850 (°C)	26
Figura 8: Anomalia da temperatura da superfície terrestre em 2018 baseado na média de temperatura de 1981 a 2010.	27
Figura 9: Variação do nível médio do mar de 1993 a 2018 a partir de conjuntos de dados de altimetria de satélite (ESA e AVISO). A linha preta é uma função quadrática que representa a aceleração.	28
Figura 10: Balanço de massa anual das geleiras com mais de 30 anos de medições glaciológicas em andamento. Os valores anuais de mudança de massa estão em unidades de metro de água equivalente (m w.e.), o que corresponde a toneladas por m ² (t m ⁻²).	29
Figura 11: Emissões globais de gases de efeito estufa em diferentes cenários e gap de emissões para 2030	40
Figura 12: Diferença dos custos nivelados ponderados globais (LCOE) de energias renováveis de 2010 para 2018	43

Figura 13: Representação esquemática do EDS com algumas de suas principais ferramentas.....	48
Figura 14: Exemplo de como executar a extração de dados usando as Funções EDS.	49
Figura 15: Configurações para extrair dados com Tabular Trend.....	50
Figura 16: Resultados obtidos através da extração de dados utilizando a Tabular Trend	50
Figura 17: Tempo necessário para extrair dados para o Relatório Diário Albioma Le Gol, Bois Rouge e Le Moule.	54
Figura 18: Extração de dados corretos feito pelo EDS.	55
Figura 19: Extração de dados incoerentes pelo EDS.	56
Figura 20: Geração de Energia Bruta nas Unidades 1 e 2 da usina Le Gol para 19 de abril a 28 de julho de 2019.	57
Figura 21: Localização das plantações de cana de açúcar no Brasil.....	59
Figura 22: Geração de Energia Útil nas Unidades 1 e 2 da usina Le Gol para 19 de abril a 28 de julho de 2019.	61
Figura 23: Energia para Autoconsumo para ambas as Unidades de Le Gol no período de 19 de abril a 28 de julho de 2019.	62
Figura 24: Relação entre vapor produzido e energia bruta gerada na Unidade 1 da usina ALG no período de 19 de abril a 28 de julho de 2019.	63
Figura 25: Relação entre vapor produzido e energia bruta gerada na Unidade 2 da usina ALG no período de 19 de abril a 28 de julho de 2019.	63
Figura 26: Emissões na Unidade 1 da Usina Le Gol de 5 de julho a 28 de julho de 2019.	65

Figura 27: Emissões na Unidade 2 da Usina Le Gol de 5 de julho a 28 de julho de 2019.....	65
Figura 28: Porcentagem de funcionamento a bagaço a partir de 18 de julho. .	68
Figura 29: Concentração de CO emitida pela Unidade 1 no período de 5 de junho a 28 de julho de 2019 versus o limite permitido.....	69
Figura 30: Concentração de materiais particulados emitida pela Unidade 1 no período de 5 de junho a 28 de julho de 2019 versus o limite permitido.	69
Figura 31: Concentração de CO emitida pela Unidade 2 no período de 5 de junho a 28 de julho de 2019 versus o limite permitido.....	70
Figura 32: Concentração de NOx emitida pela Unidade 2 no período de 5 de junho a 28 de julho de 2019 versus o limite permitido.	70
Figura 33: Média de emissões por unidade de energia gerada do período de 5 de junho a 29 de julho de 2019 por combustível - Unidade 1	73
Figura 34: Média de emissões por unidade de energia gerada do período de 5 de junho a 29 de julho de 2019 por combustível - Unidade 2	74

Lista de Tabelas

Tabela 1: Ranking das cidades brasileiras produtoras de cana de açúcar e suas respectivas produções.	60
Tabela 2: Limites de concentração dos gases CO, NOx, SOx e materiais particulados permitidos pela lei francesa.....	67
Tabela 3: Cálculos da emissão de NOx por MWh e por combustível dos dias 17 a 19 de julho de 2019.....	73
Tabela 4: CO ₂ e emitidos para a usina ALG para cada combustível utilizado. .	75
Tabela 5: CO ₂ e emitido no Brasil a partir de carvão e biomassa em 2018.	75
Tabela 6: Energia gerada e o correspondente em CO ₂ e emitido no Brasil a partir de carvão, biomassa e carvão em 2018.....	76

Lista de Siglas

NO _x	<i>Óxidos de nitrogênio</i>
SO _x	<i>Óxidos de enxofre</i>
CO	<i>Monóxido de carbono</i>
ALG	<i>Albioma Le Gol</i>
CO ₂ e	<i>Gás carbônico equivalente</i>

1. Introdução

É crescente a preocupação mundial acerca do meio ambiente, aumento dos níveis de poluição, emissão de gases do efeito estufa, efeitos na fauna e flora e nos ecossistemas como um todo. Desde 1972 diversos Acordos mundiais aconteceram com o intuito de fomentar a discussão a respeito dos padrões de produção, visando um modo de vida mais sustentável afim de considerar não só a lucratividade, mas também o meio ambiente.

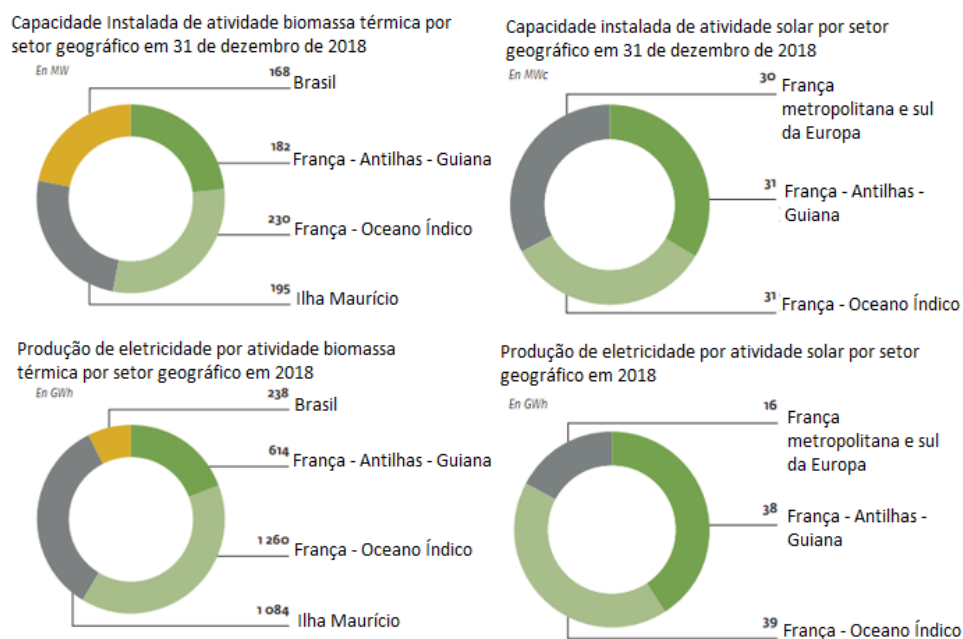
Atualmente, enfrentamos níveis de emissões de poluentes alarmantes, sendo uma das principais causas, a utilização de combustíveis fósseis na geração de energia. Dessa forma, é evidente a urgente necessidade de adaptações nesse padrão de produção, o que traz à tona a importância do papel das fontes de energia renovável.

No contexto da crescente preocupação com o futuro dos recursos naturais, aliada a busca de uma menor dependência do petróleo, muitas fontes de geração de energia limpa e renovável passaram a ser estudadas e implementadas por indústrias de energia. É o caso da empresa Albioma que será retratada ao longo desse trabalho.

Albioma é uma empresa de energia renovável baseada na geração de energia através da biomassa e energia solar, principalmente nos territórios ultramarinos franceses, Ilhas Maurício e Brasil. Por meio de parcerias com a indústria açucareira baseadas no conceito de cogeração, ela obtém bagaço de cana para produzir energia. A empresa possui capacidade instalada de 867MW e produziu 3289GWh de energia em 2018. Na Figura 1 é possível ver esses

valores separados geograficamente e por atividade, Biomassa e Solar (ALBIOMA, 2018).

Figura 1: Capacidade instalada (esquerda) e produção de eletricidade (direita) em 2018 separadas por atividade e local.

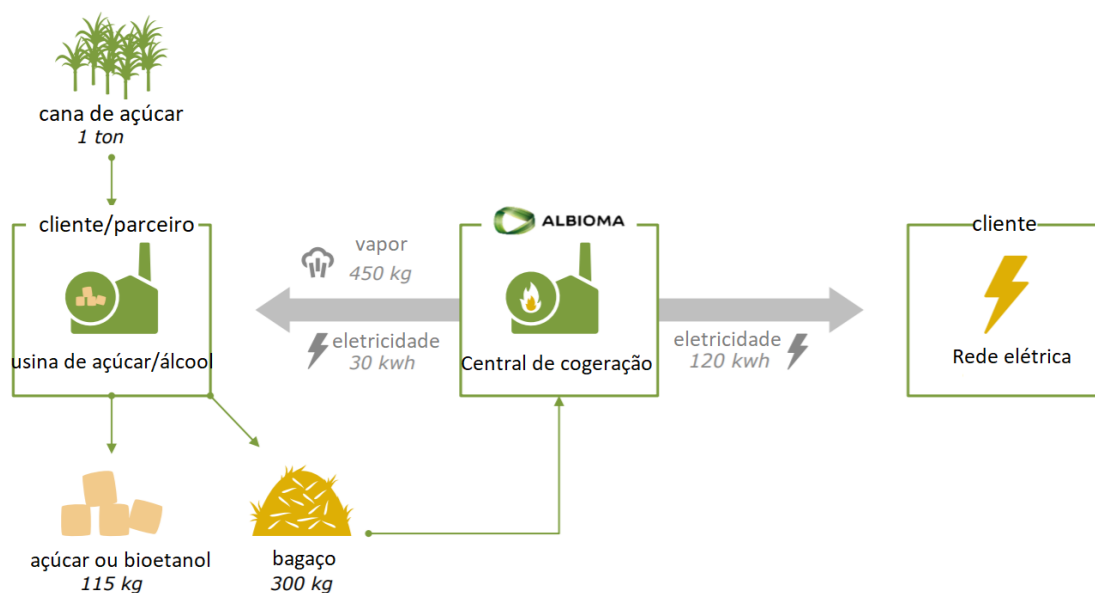


Fonte: Adaptado de Documento de Referencia Albioma 2018 (ALBIOMA, 2018)

O foco desse trabalho será na geração de energia através da biomassa e utilizará como fonte do estudo a usina Albioma Le Gol localizada na Ilha da Reunião, um departamento ultramarino francês localizado no Oceano Índico. Essa usina tem uma potência instalada de 122 MW e opera em cogeração, utilizando apenas um combustível, nesse caso o carvão fóssil ou o bagaço, na geração de duas fontes de energia diferentes, calor e eletricidade. Em 2018, ela utilizou 272 mil toneladas de bagaço e gerou 741 GWh de eletricidade. Assim, através de parcerias com empresas do setor sucroalcooleiro, a empresa consegue bagaço para gerar energia elétrica e vapor que depois vai ser utilizada na própria produção do açúcar ou álcool. O excedente dessa energia elétrica

produzida é vendida, podendo ser direcionado para centrais de distribuição. Um esquema do seu funcionamento é mostrado na Figura 2.

Figura 2: Esquema ilustrando parcerias de usinas de açúcar e álcool com a empresa Albioma, produtos gerados e matérias primas utilizadas.



Fonte: Adaptado de Résultats Annuels 2019 (ALBIOMA, 2020)

Ao longo de cinco meses, informações chaves de suas usinas ao redor do mundo foram capturadas, momento em que tive a oportunidade de realizar um estágio nessa empresa. O software para a captura e tratamento dos dados foi o EDS e será retratado ao longo desse trabalho.

2. Objetivos

O objetivo desse trabalho é estudar informações chaves de uma usina termoeletrica através de um software de captura e tratamento de dados chamado EDS. Algumas das informações a serem discutidas são a geração de energia bruta e útil da usina, sua produção de vapor e suas emissões diárias de alguns poluentes como SO_x, NO_x, CO e materiais particulados. Além disso, será possível comparar alguns dados da usina operando com bagaço e com carvão fóssil, e evidenciar as vantagens de um combustível renovável.

Outro objetivo importante do trabalho é estudar a viabilidade da utilização do EDS como software de captura de dados remoto, analisando os problemas enfrentados com o uso dessa ferramenta.

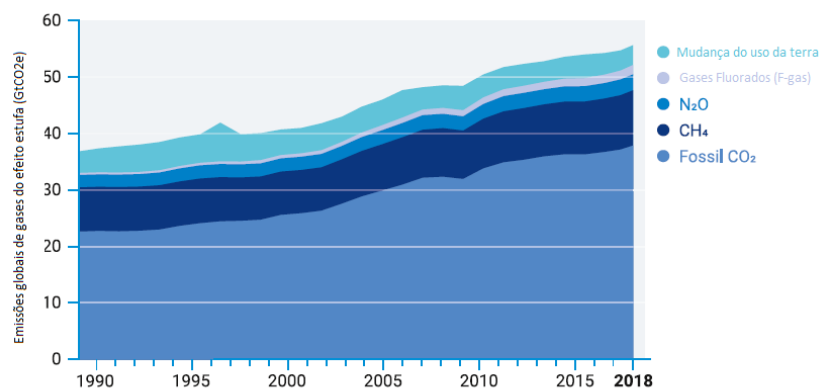
3. Revisão Bibliográfica

3.1 Emissões de gases do efeito estufa

3.1.1 Emissões globais atualmente

As emissões totais dos gases de efeito estufa cresceram 1,5% ao ano de 2009 a 2018, atingindo um recorde de 51,8 GtCO₂ ao final de 2018. (UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, 2019). Na Figura 3 é possível visualizar o crescimento de alguns dos gases do efeito estufa desde 1990 a 2018.

Figura 3: Emissões de gases do efeito estufa de 1990 a 2018



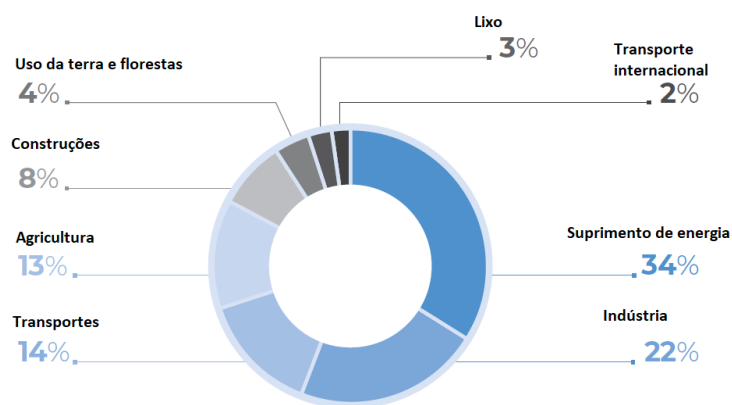
Fonte: Adaptado de (UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, 2019)

A partir do gráfico da Figura 3 é possível perceber que as emissões desses gases só cresceram desde a crise financeira global em 2009, sendo que em 2018 esse crescimento atingiu 2%. Se analisarmos por gases, vemos que as emissões de metano cresceram 1,3% por ano nesse período e 1,7% em 2018. Oxido nitroso tem crescido de maneira constante, aproximadamente 1% por ano e 0,8% mais especificamente em 2018. Já os gases fluorados (SF₆, HFCs, PFCs) estão com a maior taxa de crescimento, 4,6% ao ano nessa década e 6,1% em 2018.

3.1.2 Emissões de gases do efeito estufa por setor econômico (UNCC SECRETARIAT, 2019)

Atualmente, os setores de energia, indústria, transporte e agricultura são os maiores responsáveis pelas emissões de gases do efeito estufa. Na Figura 4 é possível observar a porcentagem de cada setor em 2016.

Figura 4: Emissões de gases do efeito estufa por setor em 2016

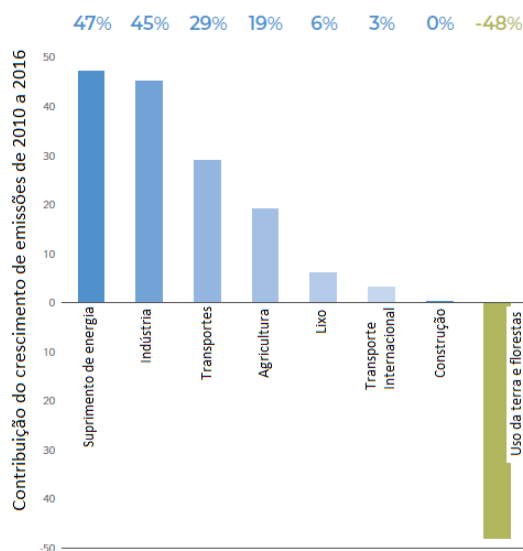


Fonte: Adaptado de UNFCCC

Em 2016, foram emitidas 50,8 Gt de CO₂e, sendo 17,3 Gt provenientes do setor de energia, 11,4 Gt de combustão e processos industriais (incluindo uso de gases fluorados) e 7,0 Gt de transporte (excluindo transporte internacional).

O gráfico da Figura 5 mostra a contribuição para o crescimento das emissões em 2016 por setor.

Figura 5: Contribuição do crescimento das emissões globais de 2010 a 2016 por setor



Fonte: Adaptado de UNFCC

A partir das Figura 4 e 5 fica claro que o setor energético é o maior responsável pelas emissões de GEE. Em 2018, esse setor teve um crescimento de 2,9%, o que vai ao encontro do crescimento das emissões de CO₂. De acordo com a Figura 3, em 2015 observou-se um crescimento na emissão dos GEE ligeiramente menor, e isso é explicado devido a um grande declínio do uso de carvão fóssil como fonte energética pelos Estados Unidos e pela China. Esses dois fatos exemplificam a urgente necessidade de mudanças na matriz energética das grandes potências.

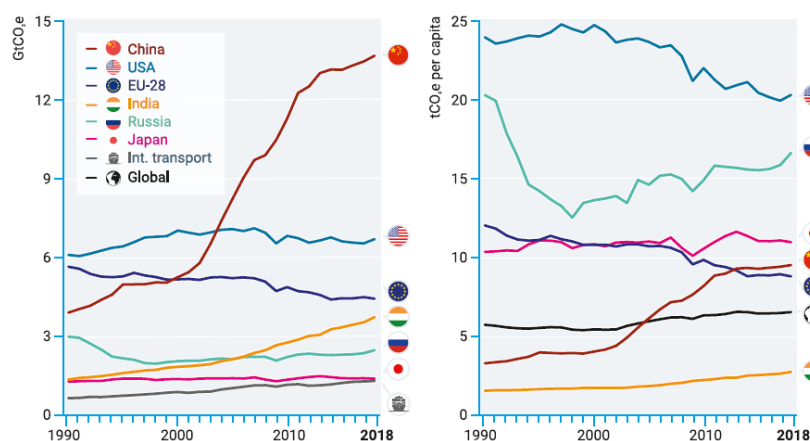
Além disso, a partir desse gráfico fica evidente que em todos os setores houve crescimento das emissões, com exceção do setor de florestas e uso da terra.

3.1.3 Países mais emissores de gases do efeito estufa (UNCC SECRETARIAT, 2019)

Como observado anteriormente, as emissões de gases do efeito estufa estão crescendo globalmente, apesar de diversas políticas climáticas que visam sua diminuição. Isso se deve pois o declínio das emissões em alguns países não é capaz de compensar as emissões naqueles em que há o aumento. De acordo com um estudo de 2019 (LE QUÉREÉ et al., 2018), atualmente há 18 países de economia desenvolvida, entre eles Estados Unidos e algumas potências europeias, onde as emissões estão diminuindo. No total, economias pertencentes a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OECD) tiveram suas emissões de GEE diminuídas de 0,4% por ano na última década, enquanto que economias não-OECD tiveram as emissões crescidas de aproximadamente 3% por ano.

No gráfico da Figura 6 é possível visualizar os países mais emissores de gases do efeito estufa, desconsiderando emissões devido a desmatamento.

Figura 6: Países mais emissores de gases do efeito estufa, em base absoluta (esquerda) e em base per capita (direita)



Fonte: Extraído de (UNCC SECRETARIAT, 2019)

A partir da Figura 6, fica claro que a China é o país mais emissor em valores absolutos, sendo responsável por mais de um quarto das emissões globais. Se analisamos per capita, vemos os Estados Unidos liderando o primeiro lugar com aproximadamente 20 toneladas de CO₂ por pessoa. É importante ressaltar que eles têm tido um gradual declínio na última década (-0,1% por ano), tendo um crescimento em 2018 graças a uma grande demanda energética devido a um verão muito quente e um inverno muito frio. A União Europeia emite 8,5% do GEE global e teve um declínio constante de 1% ao ano na última década e um declínio de 1,3% em 2018. Índia, representando 7% das emissões globais, continua em um rápido crescimento, atingindo 5,5% em 2018.

Importante ressaltar que esses dados trazem informações de emissões dos países desconsiderando emissões por queimadas e desmatamento. Se esses dados fossem considerados, o Brasil seria o país mais emissor.

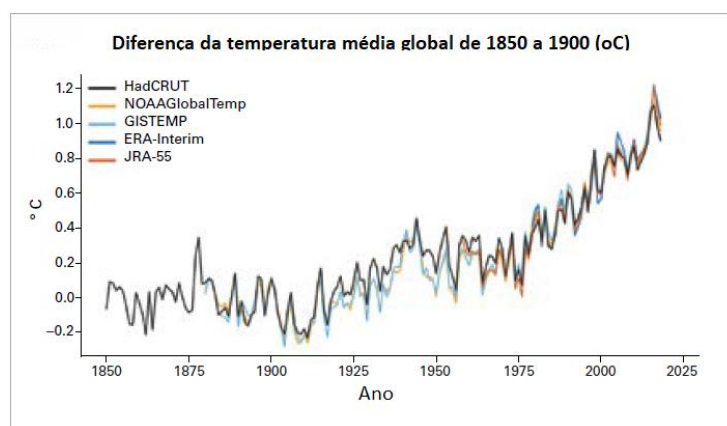
3.2 Consequências das mudanças climáticas (WMO, 2019)

As consequências na Terra e em seus ecossistemas são inúmeras devido as mudanças climáticas que têm acontecido ao longo dos anos. Nessa seção abordaremos algumas das principais delas.

3.2.1 Temperatura

É inegável que a temperatura na Terra tem aumentado ao longo do tempo. A Figura 7 a seguir evidencia esse comportamento.

Figura 7: Variação da temperatura média global desde 1850 (°C)

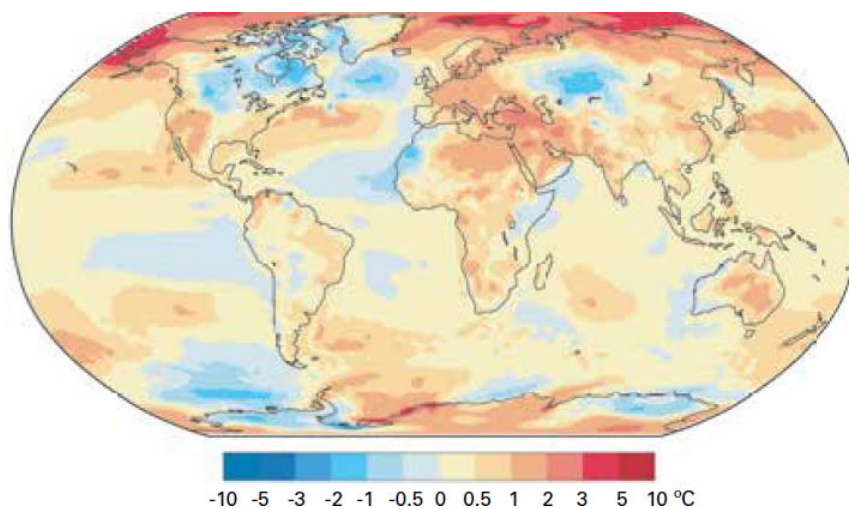


Fonte: Adaptado de (WMO, 2019)

A Figura 7 mostra a evolução na temperatura terrestre desde 1850, período pré-industrial, de acordo com cinco diferentes datasets (HadCRUT, NOAAGlobalTemp, GISTEMP, ERA-Interim e JRA-55). A partir do gráfico é possível perceber que os últimos quatro anos foram os mais quentes, e o ano de 2018 o mais frio dentre os quatro devido ao fenômeno no La Niña que costuma baixar as temperaturas. Porém, ainda sim esse ano obteve temperaturas estimadas de $0,99 \pm 0,13^{\circ}\text{C}$ acima do período pré-industrial.

Outra figura interessante é a Figura 8 mostrada a seguir. Ela evidencia as regiões que mais sofreram com o aquecimento global em 2018, como o Ártico, que obteve temperaturas excedendo 2°C em sua maior parte, atingindo até acima de 3°C em alguns locais.

Figura 8: Anomalia da temperatura da superfície terrestre em 2018 baseado na média de temperatura de 1981 a 2010.



Fonte: Extraído de (WMO, 2019)

Além disso, ainda de acordo com dados da NOAA, 2018 foi classificado entre os 10 anos mais quentes da África, Ásia, Europa, Oceania e América do Sul.

3.2.2 Camada de ozônio

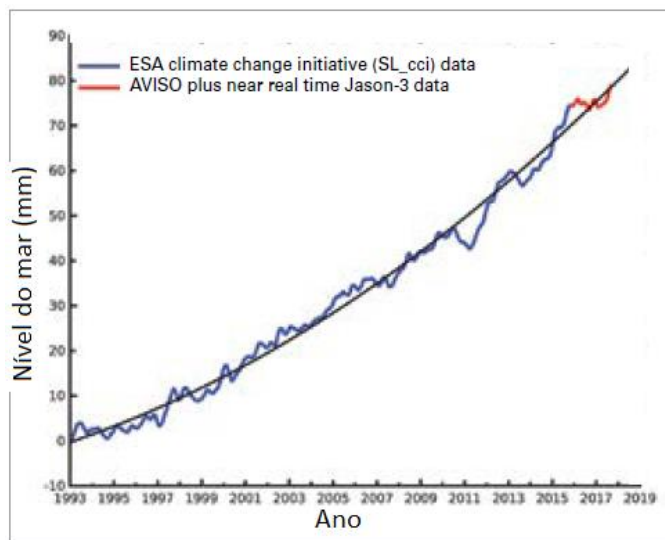
Graças ao sucesso do Protocolo de Montreal, a utilização de halons e clorofluorocarbonetos (CFCs) foi descontinuada. No entanto, devido à sua longa vida útil, esses compostos permanecerão na atmosfera por muitas décadas.

Felizmente, o tamanho do buraco na camada de ozônio parece ter começado a responder às proibições do Protocolo de Montreal. Em 2018, o buraco teve o tamanho máximo de 24,8 milhões de km², enquanto que em 2015 o tamanho era de 28,2 milhões de km² e em 2005 de 29,6 milhões de km².

3.2.3 Oceanos

O nível do mar é um dos principais indicadores destacados pelo GCOS (“GCOS | WMO”, [s.d.]) para caracterizar a situação do clima global. A Figura 9 mostra que ele continua a subir a uma taxa acelerada.

Figura 9: Variação do nível médio do mar de 1993 a 2018 a partir de conjuntos de dados de altimetria de satélite (ESA e AVISO). A linha preta é uma função quadrática que representa a aceleração.



Fonte: Adaptado de (WMO, 2019)

Esse gráfico mostra que o nível dos oceanos tem tido um comportamento representado por uma função quadrática. De janeiro de 1993 a dezembro de 2018, a taxa média de aumento foi de $3,15 \pm 0,3$ mm por ano. Em 2018, foi atingido o maior nível até então, aproximadamente 78 mm, cerca de 4 mm acima do ano de 2017.

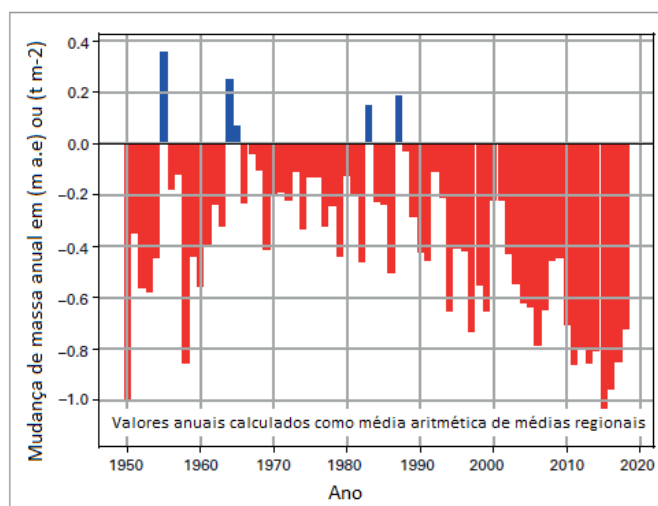
A principal causa desse comportamento é devido ao derretimento acelerado das geleiras.

Além disso, ainda relacionado aos oceanos, tem a questão da acidificação que é o processo de absorção de CO_2 pelos oceanos e que modifica seu pH. Essas alterações no pH prejudicam ecossistemas e organismos marinhos, como moluscos e corais, na construção e manutenção de suas conchas e material esquelético. De acordo com o relatório IPCC AR5, houve uma queda de 0,1 unidades de pH na superfície dos oceanos de 1750 até hoje.

3.2.4 Criosfera

Tem-se também como uma das principais consequências o descongelamento de geleiras. Os resultados preliminares de 2018, com base em um subconjunto de geleiras, indicam que desde 1970 há uma perda de massa de gelo de geleiras, totalizando 21,1 m de água equivalente. Apenas em 2018, a perda de massa em água equivalente foi de -0,7 m. A Figura 10 mostra esses dados.

Figura 10: Balanço de massa anual das geleiras com mais de 30 anos de medições glaciológicas em andamento. Os valores anuais de mudança de massa estão em unidades de metro de água equivalente (m w.e.), o que corresponde a toneladas por m^2 ($t\ m^{-2}$).



Fonte: : Adaptado de (WMO, 2019)

Além disso, a extensão do gelo marinho do Ártico ficou bem abaixo da média ao longo de 2018, tendo seu tamanho máximo de 14,48 milhões de km^2 , aproximadamente 7% abaixo da média dos anos 1981 a 2010.

Na Groenlândia a situação também é preocupante. Entre 2002 e 2016, foram perdidas cerca de 260 giga toneladas de gelo por ano, com uma perda

máxima de 458 giga toneladas entre 2011 e 2012. Em 2019, a perda foi de 329 giga toneladas, ficando bem acima da média. (“Flagship UN study shows accelerating climate change on land, sea and in the atmosphere | UN News”, [s.d.])

3.3 Principais conferências ou protocolos mundiais

Nessa seção serão abordados os principais protocolos ou conferências ambientais. Em ordem cronológica, são elas: Conferência de Estocolmo, Protocolo de Montreal, ECO-92, Protocolo de Kyoto, Rio+10, Rio+20 e o Acordo de Paris.

3.3.1 Conferência de Estocolmo

A Conferência de Estocolmo representa um marco histórico pois foi a primeira vez que líderes mundiais se reuniram para discutir exclusivamente sobre o meio ambiente, o que levou ao surgimento de políticas ambientais visando a diminuição de impactos ambientais negativos. Ela foi realizada na cidade de Estocolmo, na Suécia, entre os dias 5 e 16 de junho de 1972, e reuniu líderes de 113 países e 250 organizações internacionais. (SOUSA; RAFAELA, [s.d.])

Essa conferência foi de grande importância pois, pela primeira vez, foi dada uma grande atenção por toda comunidade internacional para a urgência de discutir e refletir sobre estratégias de minimização de impactos destrutivos do meio ambiente.

A principal herança dessa conferência foi a elaboração da Declaração das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente, também chamada de Declaração de Estocolmo. Esse foi o primeiro documento do direito internacional a reconhecer

como um direito humano, um meio ambiente de qualidade, permitindo o homem a viver com dignidade. Os principais pontos abordados nesse documento foram:

- A importância de preservar a fauna e a flora.
- Reduzir o uso de resíduos tóxicos.
- Financiamento do desenvolvimento de países subdesenvolvidos, pois é somente através do desenvolvimento que é possível barrar a degradação ambiental. (UNITED NATIONS, 1972)

Porém, através desses pontos, viu-se crescer uma divergência entre países desenvolvidos e subdesenvolvidos, pois enquanto o primeiro defendia a redução imediata da industrialização, o segundo via isso como a única forma de se desenvolver. Assim, a Conferência ficou marcada pela disputa entre o “desenvolvimento zero”, defendido pelos países desenvolvidos, e o “desenvolvimento a qualquer custo”, defendido pelas nações em desenvolvimento. (“UN Conference on the Human Environment ... Sustainable Development Knowledge Platform”, [s.d.]

Além dessa Declaração, durante a conferência também foi criado o Plano de Ação para o Meio Ambiente que contempla cento e nove recomendações e convoca à busca de soluções alternativas para os problemas ambientais.

Outra importante consequência dessa conferência foi a criação do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) que foi determinante para a continuidade dos debates ambientais.

3.3.2 Protocolo de Montreal (“Protocolo de Montreal (PNUD) - Sobre o Protocolo de Montreal”, 2017)

Em 1985, um conjunto de países se reuniu em Viena para discutir sobre os impactos da redução da camada de ozônio. Assim, foi formalizada a Convenção de Viena para a Proteção da Camada de Ozônio, que visava a proteção do ozônio estratosférico, incitando os governos a adotarem medidas com esse intuito.

Essa Convenção deu origem, em 1987, ao Protocolo de Montreal sobre Substâncias que Destroem a Camada de Ozônio, tratado internacional que hoje apresenta adoção universal, com 197 Estados Partes. Devido a essa grande adesão mundial, Kofi Annan disse sobre ele: "Talvez seja o mais bem sucedido acordo internacional de todos os tempos..."

Esse Protocolo previa a progressiva redução da produção e consumo das Substâncias que Destroem a Cama de Ozônio (SDOs), principalmente os 15 tipos de CFC, até sua total eliminação, estipulado para 10 anos.

Em 1990 o Brasil aderiu ao Protocolo de Montreal. Também nesse ano foi instituído o Fundo Multilateral para a Implementação do Protocolo de Montreal (FML) que promove assistência técnica e financeira por parte de países desenvolvidos a países em desenvolvimento.

3.3.3 ECO-92

A Organização das Nações Unidas realizou no mês de junho de 1992 a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, na cidade do Rio de Janeiro. Essa Conferência ficou conhecida como Eco-92, Cúpula da Terra, Cimeira do Verão, Conferência do Rio de Janeiro ou Rio 92, e

contou com líderes de 172 países e mais de 1400 organizações não governamentais, o que evidencia a importância que as questões ambientais tomaram no início da década de 1990. (SOUSA; RAFAELA, [s.d.])

A ECO-92 retomou alguns dos pontos abordados na Conferência de Estocolmo e acrescentou que nesse momento os problemas tomavam uma abrangência global, e não mais local. Além disso, constatou-se que o modelo de desenvolvimento vigente era insustentável por mais um século devido à característica finita dos recursos naturais. Assim, era urgente que ações fossem iniciadas para proteger o meio ambiente e garantir um desenvolvimento sustentável. (SOUSA; RAFAELA, [s.d.])

Além da sensibilização da sociedade, a Conferência teve, como resultado, a produção de alguns documentos oficiais fundamentais. O principal deles foi a Agenda 21 que tinha como principal objetivo desenvolver propostas de ações que visavam o desenvolvimento sustentável, direcionando para atividades que protegessem e renovassem os recursos ambientais.

As propostas da Agenda 21 falavam principalmente sobre o combate ao desmatamento, a proteção da atmosfera, a perda de solo e desertificação, a prevenção da poluição da água e do ar, a conservação da diversidade biológica e a promoção da gestão segura de resíduos tóxicos. Além disso, a Agenda 21 também incluiu condições que causam danos ao meio ambiente, como a pobreza e a dívida externa dos países em desenvolvimento, incentivando os países desenvolvidos a cooperar para o rápido desenvolvimento sustentável dos países em desenvolvimento; padrões insustentáveis de produção e consumo; pressões demográficas e a estrutura da economia internacional. (“Meio ambiente | ONU Brasil”, [s.d.])

Em 1997, foi realizada uma sessão especial chamada “Cúpula da Terra +5” com objetivo de revisar e avaliar os cinco primeiros anos da implementação das ações recomendadas na Agenda 21. Foram discutidas as principais dificuldades relacionadas a implementação das medidas e algumas recomendações principais para a continuidade das implementações. A adoção de metas juridicamente vinculativas para reduzir as emissões de gases do efeito estufa; maior movimentação dos padrões sustentáveis de uso de energia; e a erradicação da pobreza como pré-requisito para o desenvolvimento sustentável foram alguns dos temas discutidos.

3.3.4 Protocolo de Quioto

O Protocolo de Quioto foi assinado no Japão em 1997 e foi um tratado complementar à Convenção Quadro das Nações Unidas criada na ECO-92, que estabelecia metas para a redução das emissões dos gases do efeito estufa. (“Protocolo de Quioto”, [s.d.])

Esse Protocolo exigia a ratificação de, no mínimo, 55% do total de países membros da Convenção e que fossem responsáveis por, pelo menos, 55% do total das emissões de 1990. Portanto, ele só entrou em vigor no dia 16 de fevereiro de 2005, quando essas condições foram atendidas com a aceitação da Rússia. O Brasil ratificou o documento apenas em 2002. Entre os principais emissores de gases de efeito estufa, somente os Estados Unidos não ratificaram o Protocolo.

Entre 2008 e 2012, 36 países industrializados e a Comunidade Europeia se comprometeram a reduzir em 5% as emissões de GEE comparado aos níveis de emissão de 1990. Em uma segunda etapa, o compromisso foi aumentado em

18% de redução dos GEE em relação a 1990 no período de 2013 a 2020. As metas de cada país foram negociadas de acordo com a capacidade de cada um deles de atingir a redução de emissões no período considerado. Em relação a primeira etapa, todos os 36 países cumpriram suas metas, enquanto a segunda etapa foi substituída pelo Acordo de Paris.

Algumas das formas pelas quais era possível atingir esses objetivos eram: aumento da eficiência energética; proteção de florestas e práticas sustentáveis de manejos florestais; promoção do uso de energias renováveis; e promoção e pesquisa de tecnologias de sequestro de carbono. (DECICINO, [s.d.])

3.3.5 Rio+10

A Rio+10 ou Cúpula Mundial sobre o Desenvolvimento Sustentável foi um evento organizado pela Organização das Nações Unidas e aconteceu em Joanesburgo, na África do Sul, entre os dias 26 de agosto a 4 de setembro de 2002. O nome do evento deve-se ao fato de ter acontecido dez anos após a Rio-92. A conferência reuniu 189 líderes mundiais e centenas de organizações não governamentais. (MAGALHÃES, 2018)

O principal objetivo da Rio+10 era avaliar os progressos dos diferentes países em relação a Agenda 21 e renovar o compromisso firmado entre os países. Além disso, essa conferência adicionou temas sociais relacionados a qualidade de vida das pessoas.

Um dos principais resultados dessa conferência foi a Declaração de Johannesburgo que era fundamentada nos conceitos de desenvolvimento sustentável. Alguns dos principais pontos levantados por essa Declaração são: necessidade de proteger a biodiversidade; promoção do acesso a água potável;

melhoria do saneamento básico; acesso à energia e saúde; e combate à fome, aos conflitos armados, ao narcotráfico e ao crime organizado. (SOUSA; RAFAELA, [s.d.]

Apesar da relevância dos pontos levantados, essa Conferência não apresentou avanços significativos. Um dos motivos foi a não assinatura do acordo que tinha como meta a utilização de 10% de fontes energéticas renováveis por parte dos países que compõem a Organização dos Países Exportadores de Petróleo (Opep). Além disso, os países desenvolvidos não concordaram em perdoar as dívidas que os países em desenvolvimento tinham com eles. (SOUSA; RAFAELA, [s.d.]

O êxito da Rio+10 se deve ao fato da relevância que foi conseguida em temas de cunho social. Um dos importantes acordos assinados foi a redução, até 2015, da metade do número de pessoas cuja renda era inferior a de 1 dólar por dia, de pessoas que sofrem de fome e de pessoas que não tinham acesso a água potável. (“Johannesburg Summit | Realidad social y desarrollo”, [s.d.]

3.3.6 Rio+20

A Rio+20 ou Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável (CNUDS) foi evento realizado entre os dias 13 e 22 de junho de 2012 no Rio de Janeiro e contou com a presença de líderes de 188 países e dos principais organismos internacionais e teve uma das maiores coberturas midiáticas da história.

Essa conferência teve dois temas principais: “A economia verde no contexto do desenvolvimento sustentável e da erradicação da pobreza” e “A estrutura institucional para o desenvolvimento sustentável” (“Sobre a Rio+20 —

Rio + 20”, [s.d.]). Além disso, analisou o que foi feito nos últimos vinte anos em relação ao meio ambiente e discutiu a governança internacional no campo do desenvolvimento sustentável.

Como resultado, teve-se a elaboração do documento “O futuro que queremos” que trata temas relacionados à pobreza, à proteção dos recursos naturais, à melhoria das condições básicas de vida e ao desenvolvimento sustentável atrelado a aspectos econômicos sociais e ambientais. Porém, apesar da relevância dos pontos apresentados, houve certa negligência dos países em cumprir medidas que iriam ao encontro do documento, principalmente devido à crise econômica mundial enfrentada no período. (“Rio Mais 20 - Toda Matéria”, 2017)

3.3.7 Acordo de Paris

O Acordo de Paris é o mais recente tratado internacional que foi discutido por 195 países durante a Conferência das Partes – COP 21, em Paris em 2015. Seu objetivo central foi enfatizar a urgência de medidas que visam a minimização de mudanças climáticas. (“Acordo de Paris”, [s.d.])

O compromisso principal se refere à redução da emissão dos gases do efeito estufa afim de manter o aumento da temperatura média global em bem menos de 2°C acima dos níveis pré-industriais e de envidar esforços para limitar o aumento da temperatura a 1,5°C acima dos níveis pré-industriais. Além disso, o Acordo de Paris determina que países desenvolvidos invistam 100 bilhões de dólares por ano em medidas de combate a mudanças climáticas em países em desenvolvimento.

Assim, como o Protocolo de Quioto, para que comece a vigorar, era necessário a ratificação de pelo menos 55 países responsáveis por 55% das emissões de GEE. Em junho de 2017, os Estados Unidos, liderados pelo governo de Donald Trump, anunciaram a saída do Acordo.

Para esse Acordo, era necessário que cada país analisasse sua situação social e econômica e desenvolvesse seus próprios compromissos de redução de emissões de GEE, as chamadas Pretendidas Contribuições Nacionalmente Determinadas (iNDC). Após os compromissos serem entregues as Nações Unidas, as metas passam a ser chamadas de NDC, perdendo a letra 'i' (do inglês, intended). Essas NDCs, a partir do início da vigência do acordo, deverão ser revisadas e atualizadas a cada cinco anos com o objetivo de permitir aos países ampliarem suas ambições e aumentarem as metas de redução de emissões, evitando qualquer retrocesso.

O Brasil ratificou o Acordo de Paris em 12 de setembro de 2016. Na sua NDC, o país compromete-se a reduzir as emissões de GEE em 37% até 2025 em relação a 2005. Até 2030, a meta é reduzir em 43% as emissões em relação a 2005. Essas metas correspondem a uma redução em 66% em emissões de GEE por unidade do PIB em 2025 e em 75% em 2030. Assim, mesmo com o aumento da produção e da população, deve-se haver uma redução significativa das emissões brasileiras.

Para que essas metas sejam atendidas, o Brasil pretende aumentar para 18% a participação de bioenergia sustentável na sua matriz energética; restaurar e reflorestar 12 milhões de hectares de florestas; bem como alcançar uma participação estimada de 45% de energias renováveis na composição da matriz energética em 2030.

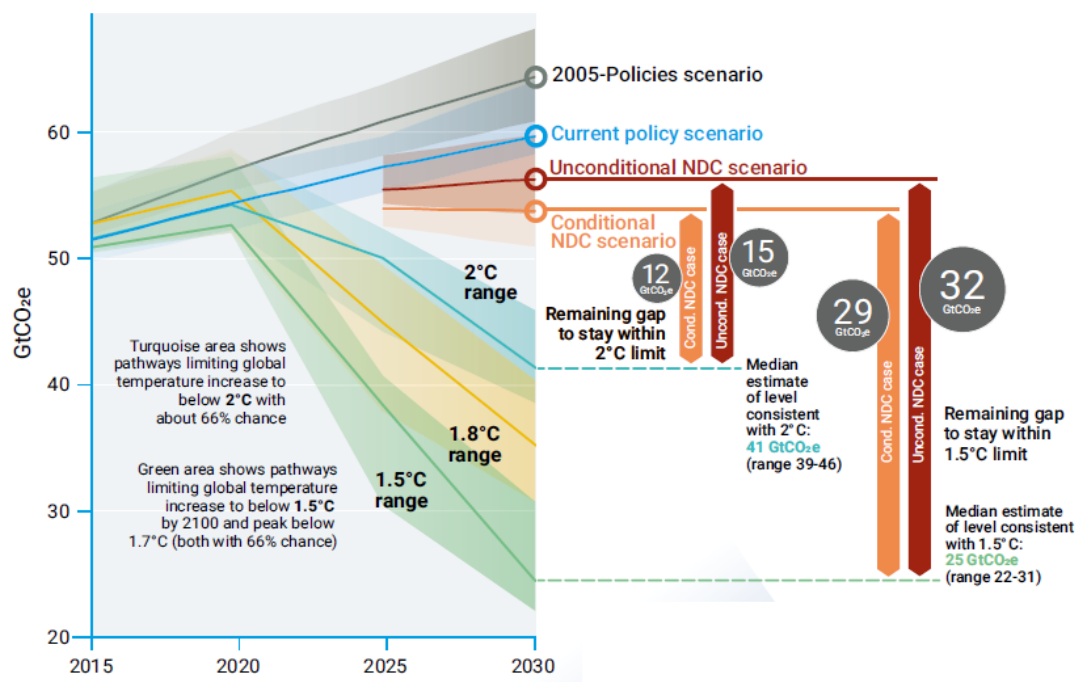
3.4 Gap de emissões: situação atual versus situação ideal para 2030 segundo Acordo de Paris (UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, 2019)

A ONU em 2019 publicou um relatório que trata da diferença entre as emissões ideais às metas do Acordo de Paris, que limita o aumento da temperatura média global a um nível abaixo de 2°C (preferencialmente abaixo de 1,5°C), e as emissões definidas a partir da implementação das contribuições determinadas nacionalmente.

Essas Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDCs) representam os esforços de cada país para alcançar a meta de aquecimento do planeta abaixo de 2°C, segundo o Acordo de Paris. A cada 5 anos, os países devem enviar suas NDCs atualizadas, e portanto, elas representam sua ambição atual para redução de emissões.

Esse relatório nos mostra que, apesar de inúmeros países terem anunciado zero emissões de GEE para 2050, poucos deles anunciaram medidas a longo prazo para de fato conseguirem seus objetivos. O gráfico da Figura 11 evidencia os valores que serão atingidos em 2030 de acordo com diferentes cenários e os valores que deveriam ser atingidos.

Figura 11: Emissões globais de gases de efeito estufa em diferentes cenários e gap de emissões para 2030



Fonte: Extraído de (UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, 2019)

Esse gráfico considera diferentes cenários para representar o gap de emissões.

- Cenário de acordo com as políticas de 2005 (2005 policies scenario): projeta as emissões dos gases de efeito assumindo que nenhuma medida foi implementada a partir de 2005.
- Cenário de acordo com as políticas atuais (current policy scenario): projeta as emissões dos gases do efeito estufa assumindo que todas as medidas atualmente implementadas estão sendo realizadas, porém sem novas atualizações.
- Cenário incondicional e condicional de acordo com NDCs: Leva em consideração as emissões de GEE globais a partir das mudanças implementadas pelos países que visa a mitigação desses gases. No cenário incondicional são consideradas somente as ações que não tem condições

para realização atrelada, enquanto que no condicional são consideradas que todas as medidas prometidas foram realizadas.

Assim, a Figura 11 evidencia que o gap de emissões é muito largo. Em 2030, considerando o cenário incondicional de acordo com as NDCs, as emissões anuais precisam ser 15 GtCO_{2e} menores para a meta de 2°C e 32 GtCO_{2e} para a meta de 1,5°C. Considerando o cenário condicional, esses valores tem uma leve queda de 12 GtCO_{2e} e 29 GtCO_{2e}, respectivamente.

Além disso, é possível perceber que se nenhuma medida for adotada, as emissões em 2030 são estimadas em 60 GtCO_{2e}, enquanto que se as mudanças previstas nas NDCs forem adotadas, esses valores caem de 4 GtCO_{2e} e 6GtCO_{2e}, respectivamente para incondicional e condicional. As emissões segundo o acordo de Paris deveriam ser 42 GtCO_{2e} para 2°C, 35 GtCO_{2e} para 1,8°C e 25 para 1,5°C.

Dessa forma, fica claro que as medidas previstas pelas NDCs em 2015 não serão suficientes para o cumprimento do Acordo de Paris. Assim, será crucial que em 2020, as NDCs sejam atualizadas de forma mais rigorosa com as questões ambientais, sendo um ano decisivo para atingirmos ou não os objetivos em 2030. Se ações climáticas sérias tivessem começado em 2010, os cortes necessários por ano para atender aos níveis projetados de emissões de 2°C e 1,5°C seriam apenas 0,7% e 3,3% ao ano, em média. No entanto, como isso não ocorreu, os cortes exigidos nas emissões são agora 2,7% ao ano a partir de 2020 para a meta de 2°C e 7,6% ao ano, em média, para a meta de 1,5°C. Evidentemente, serão necessários maiores cortes quanto mais tempo demorar para ações serem tomadas.

3.5 Matrizes energéticas renováveis

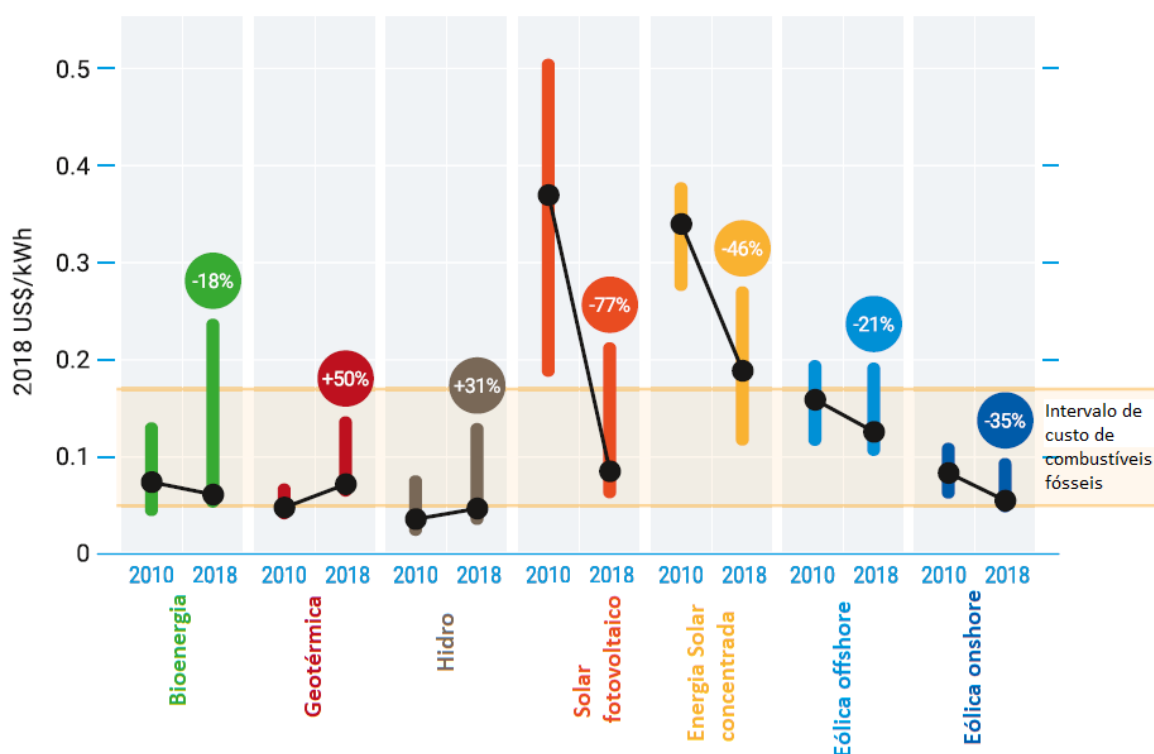
3.5.1 Expansão de energia renovável para eletrificação (UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, 2019)

Depois de tudo que foi mostrado, fica evidente a necessidade de se encontrar maneiras alternativas de produção de energia, com o intuito de descarbonizar o setor. Para que isso seja possível, é necessário que haja: i) uma vasta expansão da geração de eletricidade renovável; ii) uma rede elétrica mais inteligente e flexível; e iii) enormes aumentos no número de produtos e processos que funcionam com eletricidade (em edifícios, transportes e indústria). Felizmente, essas tecnologias de base para expandir a eletrificação com base em tecnologias de energia renovável já existem, e portanto, é possível que a redução de CO₂ ligada a energia seja a curto prazo.

Em 2018, houve um aumento de 167 GW de energia renovável no mundo (excluindo hidrelétricas), com aumento de 108 GW de energia solar fotovoltaica e de 50 GW de energia eólica. Assim, no final de 2018, a energia renovável passou a representar 12,9%, evitando que 2Gt de emissões de dióxido de carbono chegassem à atmosfera.

O principal fator que permitiu a implantação de matrizes energéticas renováveis foi o declínio contínuo e rápido dos custos de capital, o que pode ser observado na Figura 12 a seguir.

Figura 12: Diferença dos custos nivelados ponderados globais (LCOE) de energias renováveis de 2010 para 2018



Fonte: Adaptado de INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY, 2018

Atualmente, na maioria dos países, fontes renováveis se tornaram de baixo custo e normalmente são competitivas mesmo sem incentivos quando comparadas diretamente com alternativas fósseis. Desde 2010, os custos nivelados ponderados globais (LCOE) de energia solar, eólica (onshore e offshore) e bioenergia reduziram e estão se aproximando da faixa mais baixa de custos de geração de energia movida a combustível fóssil.

As energias renováveis podem fornecer 75% das reduções de emissões necessárias visando manter o aumento da temperatura média global em bem menos de 2°C. Assim, em 2050, 86% da geração de eletricidade precisaria ser renovável, sendo necessário que elas cresçam seis vezes mais rápido em relação a atualmente (INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY, 2018).

3.5.2 Produção de energia através da biomassa

A biomassa é qualquer matéria orgânica que possa ser transformada em energia, seja ela mecânica, térmica ou elétrica. Ela pode ter origem florestal (principalmente madeira), agrícola (como soja, arroz e cana de açúcar) e rejeitos urbanos e industriais (como o lixo). Ela é considerada como uma das principais alternativas para a diversificação da matriz energética e redução da dependência de combustíveis fósseis. A partir dela é possível obter energia elétrica e biocombustíveis, como o biodiesel e o etanol. (ANEEL, 2008)

Entre as vantagens do uso da biomassa, estão o balanço de emissões de CO₂ praticamente nulo, uma vez que as emissões resultantes da atividade são absorvidas e fixadas pela planta durante seu crescimento. Além disso, possui baixo custo de aquisição e risco ambiental. Já entre os pontos negativos, tem-se a possibilidade de formação de monoculturas em grande extensão de terras, competindo com a produção de alimentos; baixo poder calorífico comparado com outros combustíveis; e contribuição para a formação da chuva ácida. (REIS, 2016)

No Brasil, a biomassa da cana já representa 17,4% da oferta interna de energia elétrica a partir de sua utilização em termoelétricas. Além disso, é a segunda maior matriz energética brasileira com 8,5%, ficando atrás apenas da energia hidráulica com 66,6% (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2019). Essa participação da biomassa na matriz energética é importante para a preservação dos níveis dos reservatórios das UHEs, uma vez que no período da safra da biomassa da cana há também o período de estiagem na região Sudeste/Centro-Oeste, onde está concentrada a maior potência instalada em hidrelétricas do país. (ANEEL, 2008)

Quando a análise é expandida para todo o mundo, a biomassa é a maior fonte de energia renovável, representando 70% do consumo. Já a utilização da biomassa para produção de energia elétrica através de fontes renováveis representa 9%, sendo superada por hidrelétricas com 65%, e eólica, com 18%. Na produção de calor, a biomassa é disparada a maior fonte renovável, com 96%. No setor de transportes, os biocombustíveis representam 73% entre todos os combustíveis renováveis. (“World Bioenergy Association (WBA), Global Bioenergy Statistics”, 2019)

Para a produção em larga escala de energia elétrica e de biocombustíveis são utilizadas biomassas de origem agrícola em processos eficientes. Para a produção de energia elétrica, um processo muito difundido é a cogeração. Nesse processo são produzidos dois ou mais energéticos, normalmente calor e eletricidade, a partir de apenas um processo de geração de energia. Nos últimos anos, o aumento da eficiência a partir da cogeração incentivou largos investimentos na produção de energia a partir da cana de açúcar por parte das usinas de açúcar e álcool. (ANEEL, 2008)

3.5.3 Biomassa e a cogeração no setor sucroalcooleiro

Para a produção de energia elétrica através da biomassa, um processo muito difundido é a cogeração em termoelétricas em que são produzidos dois ou mais energéticos, normalmente calor e eletricidade, a partir de apenas um processo de geração de energia.

Nesse processo, o bagaço é introduzido na caldeira para queimar e irá gerar vapor a uma determinada pressão. Esse vapor pressurizado, irá girar as turbinas por diferença de pressão, transformando a energia térmica em energia mecânica para os rotores, acionando os geradores de energia elétrica. Além disso, uma

parte desse vapor gerado a baixa pressão, chamado de vapor de escape, é destinado para a empresa sucroalcooleira, e o resto do vapor condensado é redirecionado para a caldeira onde será reaquecido. Daí a produção de dois tipos diferentes de energia: elétrica e térmica. (TOMAZ et al., 2017)

Nos últimos anos, o aumento da eficiência a partir da cogeração incentivou largos investimentos na produção de energia a partir da cana de açúcar por parte das usinas de açúcar e álcool. A eletricidade hoje já é considerada o terceiro produto desse setor. (ANEEL, 2008)

4. Metodologia

Como visto anteriormente, o grupo Albioma tem plantas espalhadas pelo mundo. No entanto, com a equipe de gerenciamento industrial concentrada principalmente em Paris, o monitoramento de dados da planta a distância se torna uma necessidade muito importante para a empresa. Assim, o foco do meu estágio foi trabalhar com o Ovation TM Enterprise Data Solutions (EDS), ferramenta que permite o acesso à informação remotamente, desenvolvendo algumas necessidades antigas da empresa que finalmente com o EDS eram possíveis, estudando e entendendo as limitações do sistema.

4.1 O que é o EDS?

O Ovation TM Enterprise Data Solutions (EDS) é um programa desenvolvido para coletar e processar dados de plantas e exibir informações de processo atuais ou passados em qualquer lugar. Ele permite o acesso a um banco de dados existente e o processamento posterior desses dados, de acordo com as necessidades do negócio, de maneira segura. Os especialistas corporativos podem acessar facilmente as informações da usina e, assim, monitorar seus processos, identificar problemas de emergência e transmitir informações ideais aos operadores. (“EDS | Emerson US”, [s.d.]). No caso da instalação desse software na empresa Albioma, esse software cruzou informações do sistema Ovation (sistema antigo de dados da empresa que foi implementado no EDS) e dados provenientes da própria usina. Uma representação esquemática do EDS e algumas de suas principais ferramentas é mostrado a seguir na Figura 13.

Figura 13: Representação esquemática do EDS com algumas de suas principais ferramentas.



4.2 Como extrair dados usando EDS

Para gerenciamento de dados com EDS, o Excel é a ferramenta mais simples e prática que atende às necessidades da empresa. Dados disponíveis no servidor EDS podem ser copiados em uma planilha através de uma extensão instalada no Excel chamada EDS Excel ADD-in. Há duas maneiras de fazer a extração de dados do EDS Excel ADD-in: “Tabular Trend” e “Funções EDS”.

4.2.1 Funções EDS

É possível extrair dados usando “Funções do EDS” escritas diretamente nas células da planilha. Para isso, é necessário o nome do ponto referente a informação desejada e, dependendo do tipo de função utilizada, outros parâmetros, como o período em que se deseja extrair os dados. A Figura 14 exemplifica esses passos.

Figura 14: Exemplo de como executar a extração de dados usando as Funções EDS.

B	C	D	E	F	G
16/07/2019 00:00					
17/07/2019 00:00					
Process point name	Description	Unit	Min	Max	Average
	EDS_DESC(B5)	EDS_UN(B5)	EDS_MinValue(B5;\$B\$1;\$B\$2)	EDS_MaxValue(B5;\$B\$1;\$B\$2)	EDS_Avg(B5;\$B\$1;\$B\$2)
1LEP_JT001.UNIT1@NET1	MW active brute	MW	17,23209953	31,52190018	26,59815351
1LEP_JT002-ESA.UNIT1@NET1	MW nette exportee poste 63 kV	MW	15,46834373	29,25	24,54527669
1LEP_JT002-BAGASSE.UNIT1@NET1	MW nette poste 63Kv BAGASSE	MW	0	0	0
1FSR_FY026.UNIT1@NET1	Q vapeur corrigé	t/h	66,29250336	124,4980011	105,5761928
1FSR_PT022.UNIT1@NET1	P vapeur sortie chaudière	bars	79,94709778	84,08450317	82,01824156
1FSR_TE024.UNIT1@NET1	T vapeur sortie chaudière	°C	507,960968	530,9229736	524,6888829

Nesse caso, os nomes dos pontos são “1LEP_JT001.UNIT@NET1”, “1LEP_JT002-ESA.UNIT@NET1”, “1LEP_JT002-BAGASSE.UNIT@NET1”, “1FSR_FY026.UNIT@NET1”, “1FSR_PT022.UNIT@NET1” e “1FSR_TE024.UNIT@NET1”. Nas duas colunas seguintes é possível ver a descrição desses pontos e suas unidades, usando a função “EDS_DESC(nome do ponto)” e “EDS_UN(nome do ponto)”. Ao lado, tem-se os valores máximos e mínimos atingidos e a média no período de 16/07/2019 a 17/07/2019. Para esses últimos dados, as funções utilizadas, respectivamente, foram EDS_MinValue(nome do ponto, data inicial, data final), EDS_MaxValue(nome do ponto, data inicial, data final) e EDS_Avg(nome do ponto, data inicial, data final).

4.2.2 EDS Tabular Trend

Outra maneira de fazer a extração de dados é usando a ferramenta “Tabular Trend”. Nesse caso, é necessário clicar na planilha no local em que se quer inserir a tabela, e, em seguida, selecionar “Inserir Tabular Trend”. Da mesma maneira que antes, é necessário definir os nomes dos pontos do processo e também o intervalo de tempo em que se quer extrair os dados.

Um exemplo de como fazer esses cálculos com esta ferramenta é mostrado abaixo na Figura 15, e o resultado da tabela gerada na Figura 16.

Figura 15: Configurações para extrair dados com Tabular Trend

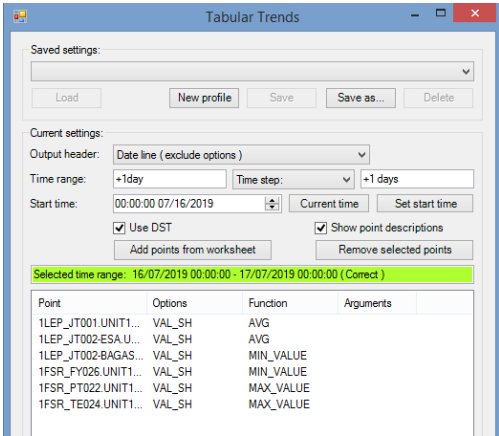


Figura 16: Resultados obtidos através da extração de dados utilizando a Tabular Trend

	A	B	C	D	E	F	G
1	Date	AVG(1LEP_JT001.UNIT1@NET1)	AVG(1LEP_JT002-ESA.UNIT1@NET1)	MIN_VALUE(1LEP_JT002-BAGASSE.UNIT1@NET1)	MIN_VALUE(1FSR_FY026.UNIT1@NET1)	MAX_VALUE(1FSR_PT022.UNIT1@NET1)	MAX_VALUE(1FSR_TE024.UNIT1@NET1)
2		MW active brute	MW nette exportee poste 63 kV	MW nette poste 63kV BAGASSE	Q vapeur corrigé	P vapeur sortie chaudière	T vapeur sortie chaudière
3	16/07/2019	26,598153514343281	24,545276694893836	0	66,292503356933594	84,084503173828125	530,9229736328125
4							

Os pontos e o intervalo de tempo utilizados nessa demonstração são iguais aos da Figura 14, e, portanto, seus resultados são os mesmos.

4.3 Relatório diário

Uma demanda importante da empresa foi a criação de relatórios diários gerados de maneira automática. Assim, ao chegarem ao trabalho, todos os funcionários já teriam um resumo da operação das plantas do dia anterior. Meu trabalho consistiu em estudar como automatizar a criação deste relatório e também discutir quais informações fundamentais deveriam estar presentes nele. Além disso, uma reflexão sobre como a extração de dados era realizada pela EDS foi importante para garantir a confiabilidade desses dados. Um exemplo de um relatório diário encontra-se nos Apêndices.

4.3.1 Explicação da sua construção

Esse relatório foi construído a partir do método das “Funções EDS” e foi dividido em seis grupos de informações: Energia, Água/Vapor, Combustíveis, Fumaças, Temperatura dos Metais e Turbina. Além disso, na planilha, as informações são apresentadas primeiro por unidade, depois pela planta como um todo (as duas unidades juntas), seguidas pelo acúmulo mensal e anual.

Para sua construção, foram criadas também abas auxiliares, como a aba “parâmetros” e “emissões”. A aba “parâmetros” possuía todas as informações necessárias para a geração dos dados, como o nome dos pontos, o intervalo de tempo, algumas constantes para cálculos e uma tabela contendo alguns valores-limite que os dados poderiam ter. A partir desses valores limites foi criado, através de macros VBA, formatações condicionais que destacavam as informações da planta que estavam anormais. Com a aba “emissões” foi possível gerar dados que aprofundavam a análise das emissões, evidenciando a preocupação e necessidade de proteção do meio ambiente.

4.3.2 Automatização do relatório

Para a automação desse relatório, era preciso, inicialmente, abrir o arquivo automaticamente, extrair os dados e salvá-lo como uma cópia em um caminho especificado somente com os valores gerados (sem as fórmulas nas células). Para isso, foi necessário a utilização do Agendador de Tarefas e de macros VBA. Com o Agendador de Tarefas, foi possível abrir um arquivo automaticamente em um determinado horário definido a uma determinada frequência. Com as funções VBA próprias do EDS, foi possível conectar-se ao servidor, extrair os dados e pedir para salvar o arquivo com outro nome (para manter o arquivo original) apenas com os dados. Depois que o Agendador de

Tarefas abre o arquivo, as macros são executadas automaticamente, gerando os dados.

5. Resultados e Discussões

5.1 Dificuldades da utilização do EDS

Como O EDS tinha acabado de ser implementado, havia muitos desafios para entender melhor sua operação e as vantagens que esse sistema poderia trazer. Portanto, era importante também estudar a melhor maneira de trabalhar com essa ferramenta, suas vantagens e desvantagens e o que, na prática, isso poderia acrescentar à equipe. Essa parte do relatório é concentrada em três pontos principais, que abordam as dificuldades encontradas na extração de dados: problemas de conexão, velocidade do sistema e confiabilidade dos dados.

Apesar de, em geral, os desafios enfrentados terem sido superados, a equipe ficou receosa em confiar todo o monitoramento das suas plantas na ferramenta EDS. Além disso, não foi possível perceber uma melhora nos funcionamentos das usinas devido a utilização da ferramenta. Pode-se concluir, portanto, que o EDS não atingiu as expectativas da empresa na sua utilização.

5.1.1 Problemas de conexão

Inicialmente, haviam muitos problemas de conexão do EDS com diversas origens, o que dificultava ainda mais a compreensão do problema e de sua solução. Como, inicialmente, era apenas possível se conectar remotamente ao servidor, a conexão poderia ser muito lenta. Os principais problemas encontrados relacionados à conexão foram:

- incapacidade de se conectar ao “Remote Desktop Services”;
- incapacidade de se conectar ao servidor EDS;

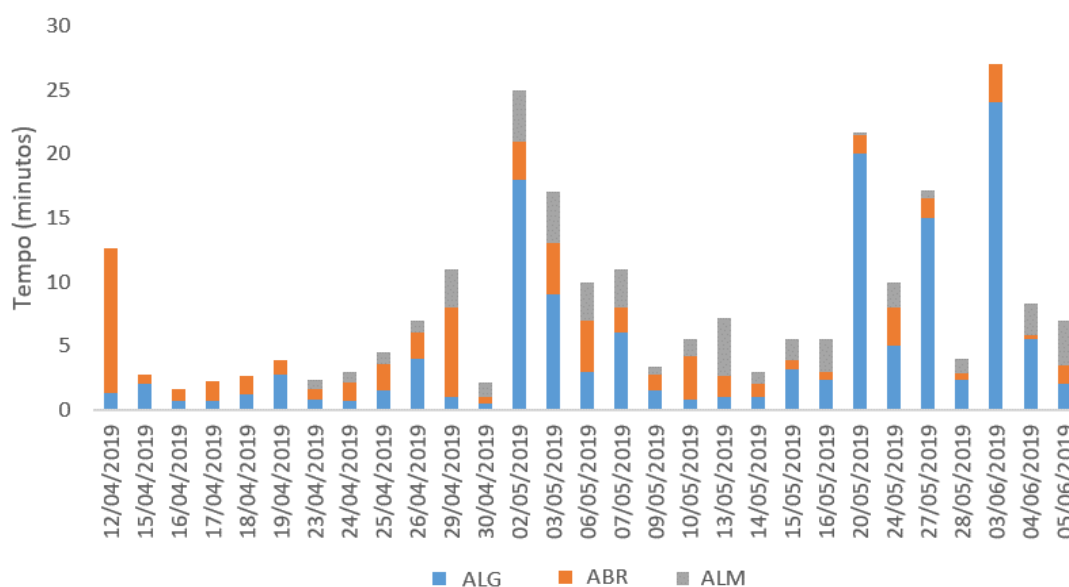
- possibilidade de conectar-se ao EDS, mas os dados não eram carregados devido à lentidão do sistema;
- o programa travava e era necessário ir à equipe de TI para reiniciar a sessão.

Com todos esses problemas, muitas vezes não era possível a extração dos dados necessários a tempo. Ao final do estágio, esses problemas de conexão melhoraram devido a alterações nas configurações internas da Albioma.

5.1.2 Velocidade do Sistema

Outro problema encontrado inicialmente foi a lentidão na extração dos dados que sempre estava relacionado à qualidade da conexão. Assim, o tempo para a extração dos dados poderia ser muito aleatório. Abaixo na Figura 17, há um gráfico com o tempo necessário para extrair os dados para o relatório diário de três usinas, Albioma Le Moule (ALM), Albioma Bois Rouge (ABR) e Albioma Le Gol (ALG), no período de 04 de abril a 05 de junho de 2019.

Figura 17: Tempo necessário para extrair dados para o Relatório Diário Albioma Le Gol, Bois Rouge e Le Moule.



Este gráfico mostra o comportamento aleatório comentado acima. Em 25 de abril de 2019, por exemplo, o tempo necessário foi de aproximadamente dois minutos, enquanto em 3 de junho de 2019 esse tempo excedeu 25 minutos. No final do meu estágio, o tempo diminuiu consideravelmente, sendo necessário cerca de 5 minutos para a extração de dados para estes relatórios. Essa melhora do tempo foi devida a melhora conquistada na conexão que foi devido a modificações nas configurações internas da empresa.

5.1.3 Confiabilidade dos dados

Outro sério problema encontrado foi a extração de dados incoerentes. Esse problema aconteceu oito vezes em cinco meses e apenas na extração de dados da usina Albioma Le Gol. Os dados obtidos não faziam sentido: era possível obter o valor máximo de um captor menor que o valor mínimo, um valor binário diferente de 0 ou 1, temperaturas negativas e etc., sempre de forma muito aleatória. As Figura 18 e Figura 19 ilustram o problema.

Figura 18: Extração de dados corretos feito pelo EDS.

	Puissance Nette			Puissance bagasse			Taux d'appel			Ton Vapeur/h		
	Moyenne	Max	Min	Moyenne	Max	Min	Moyenne	Max	Min	Moyenne	Max	Min
10/03/2019	0,2	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0%	0%	0%	0,3	0,4	0,2
11/03/2019	0,2	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0%	0%	0%	0,2	0,4	0,0
12/03/2019	0,2	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0%	0%	0%	0,0	0,0	0,0
13/03/2019	0,2	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0%	0%	0%	0,0	0,0	0,0
14/03/2019	0,2	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0%	0%	0%	0,0	0,0	0,0
15/03/2019	0,1	0,2	-0,5	0,0	0,0	0,0	0%	0%	0%	0,1	0,9	0,0
16/03/2019	0,1	0,2	-0,9	0,0	0,0	0,0	0%	0%	0%	0,4	0,7	0,0
17/03/2019	0,1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0%	0%	0%	0,5	0,8	0,0
18/03/2019	0,1	0,2	-0,2	0,0	0,0	0,0	0%	0%	0%	0,3	0,8	0,0
19/03/2019	0,1	0,2	-0,1	0,0	0,0	0,0	0%	0%	0%	0,2	0,8	0,0
20/03/2019	0,1	0,2	-1,1	0,0	0,0	0,0	0%	0%	0%	0,2	0,7	0,0
21/03/2019	4,8	26,5	-1,8	0,0	0,0	0,0	19%	91%	-3%	40,3	113,3	0,0
22/03/2019	22,9	29,6	14,9	0,0	0,0	0,0	80%	105%	54%	96,7	126,0	69,2
23/03/2019	24,5	29,8	19,5	0,0	0,0	0,0	86%	103%	69%	103,1	125,0	84,6

Figura 19: Extração de dados incoerentes pelo EDS.

	Puissance Nette			Puissance bagasse			Taux d'appel			Ton Vapeur/h		
	Moyenne	Max	Min	Moyenne	Max	Min	Moyenne	Max	Min	Moyenne	Max	Min
10/03/2019	65,9593298	0	-0,0518793	27,1217548	32,5189018	8,53857233	-4,135E-05	0,84852256	1,877E-05	2,95446992	-0,00128184	0,00101326
11/03/2019	0,00333211	-0,00128184	-0,00036629	365,293328	23,4999008	99,824501	2,954E-06	1,7718E-05	-2,658E-05	-4,22594976	-0,0061048	0
12/03/2019	2,85174711	0	-0,10521086	-0,028992	4,9899E-05	65,526495	2,11396709	0	-4,135E-05	-0,02894079	9,1574E-05	9,1574E-05
13/03/2019	0	0,0100698	-0,0747695	-0,0061048	28,2372177	1	0,01511227	2,41389022	3,373387	-0,00082398	5,1722E-05	0
14/03/2019	117,519815	368,096985	-0,0518793	9,1574E-05	3,28929996	1	0,03225806	-1,1459E-05	0,00167841	9,1574E-05	58,0143146	-0,0235003
15/03/2019	0,0184639	0,115965	77,3254013	7,6831E-05	35,7336006	0	-0,00333128	0,26376141	0,06632865	2,6016393	0,53915452	15,2454996
16/03/2019	0	-0,00134946	-0,00975341	1	0,77318707	-0,00065188	-0,00118139	4,7252E-05	0,05577024	-0,0137329	374,552002	-0,0823976
17/03/2019	87,4175346	0	32,210701	-0,00311276	31,4260006	366,246002	2,25884198	11,9413551	0,02268995	0,00100712	73,350502	-0,00325104
18/03/2019	0,00054926	0,00011924	-0,028992	1	-0,00128184	-0,0442512	2,954E-06	0,03225806	-0,00034245	123,279999	1	101,383828
19/03/2019	0	0	36,6530991	-0,444336	9,1574E-05	79,7667999	1,16636129	3,22259076	-0,00102875	0,00100712	17,2756996	0,40433963
20/03/2019	0,115965	29,8875032	119,343002	37,6453018	0	75,6316986	-0,00093523	-0,00241192	2,55319042	0,91445798	0	366,346985
21/03/2019	18,8001995	44,1757011	44,4580002	0	4,9145E-05	34,5289993	0,88851935	1,42329997	2,4155E-06	0,00101634	-0,01250399	29,4017347
22/03/2019	79,1592344	45,5414009	1	0	-0,00128184	0,77673697	-0,0004116	0	2,5527E-06	7,94303143	25,0245448	0
23/03/2019	1	-0,00036629	59,1274355	2,92078166	0,836667	-0,00173952	1,42994518	0,03225806	-0,00109545	79,9545321	8,15146776	-0,00036629

A Figura 18 é a extração de dados corretos duas semanas antes da extração da Figura 19, com dados completamente incoerentes. É possível perceber que os dados têm grandes diferenças. Esse problema foi amplamente discutido na empresa, pois isso colocaria em risco as decisões tomadas pela equipe a partir dos dados extraídos pelo EDS. Entramos em contato com a empresa responsável pelo sistema para resolver o problema o mais rápido possível e, a partir de junho de 2019, esse problema não ocorreu novamente. O problema era que mais de um usuário usava o mesmo cachê¹ ao mesmo tempo. Quando cachês individuais foram criados para cada usuário, esse problema parou de acontecer.

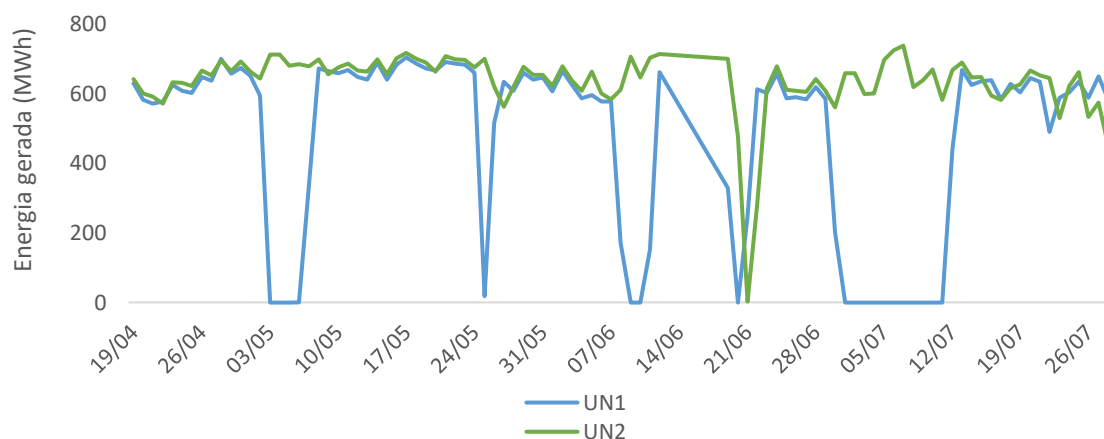
5.2 Geração de energia da usina Albioma Le Gol

5.2.1 Geração de Energia Bruta

A partir Figura 20 abaixo é possível visualizar a geração de energia bruta das Unidades 1 e 2 da usina Le Gol no período de 19 de abril a 28 de julho de 2019.

¹ Cachê é um sistema criado pela Intersystem que permite o gerenciamento de banco de dados de forma simplificada e segura.

Figura 20: Geração de Energia Bruta nas Unidades 1 e 2 da usina Le Gol para 19 de abril a 28 de julho de 2019.



Com os dados da Figura 20, pode-se perceber que ambas as Unidades tiveram paradas durante esse período. No caso da Unidade 1, esse tempo de parada foi maior, resultando em 26 dias com funcionamento comprometido. No caso da Unidade 2, o período de parada cai para 3 dias. Assim, a geração total de energia no período na Unidade 1 foi de 45270 MWh enquanto que na Unidade 2 foi de 60272 MWh, 33% maior que na Unidade 1. Dessa forma, a usina Le Gol gerou nesse período 105543 MWh de energia elétrica.

5.2.2 Onde instalar uma usina de cogeração do porte de Albioma Le Gol no Brasil

Como abordado anteriormente, a usina Le Gol gerou nesse período 105543 GWh de energia, o que dá uma geração de 1110 MWh/dia. Considerando que uma pessoa brasileira necessita em média de 0,0067 MWh/dia, essa usina conseguiria suprir uma região de aproximadamente 166mil habitantes.

Pensando no Brasil, a seguir será feita uma análise com o objetivo de determinar uma região que teria potencial para ser abastecida energeticamente com biomassa a partir de uma usina do porte de Le Gol.

Existem diversos tipos de biomassa que podem ser empregados como fontes de energia renováveis. No Brasil, alguns deles são: eucalipto, casca de coco verde, casca de arroz, pellets de madeira, ouriço da sapucaia, e, claro, a cana de açúcar que é o foco desse estudo. Os outros tipos listados não fazem parte do escopo do trabalho. (“Conheça todos os tipos de biomassa disponíveis no Brasil - Coontrol Blog”, [s.d.])

Uma usina de cogeração, idealmente, deve ficar ao lado das plantações de cana de açúcar e da usina sucroalcooleira por dois principais motivos: primeiro, o transporte do bagaço da cana de açúcar encarece o processo quanto mais longe for e, segundo, que há muita perda de calor no transporte do vapor, devendo minimizar essa distância afim de minimizar perdas energéticas.

Além disso, é importante ressaltar que 1 tonelada de cana moída para a produção de açúcar ou álcool, gera de 240kg a 280kg de bagaço. Esse bagaço é composto de fibra (46%), água (50%) e sólidos dissolvidos (4%) e será encaminhado para as caldeiras a vapor para ser utilizado como combustível. Essa umidade no bagaço afeta diretamente o poder calorífico inferior do bagaço. Atualmente, a maioria das caldeiras estão projetadas para operar com um bagaço com 50% de umidade, porém estudos mostram que umidade em torno de 20% maximizam a geração de calor. (“Como é feito o processamento da cana-de-açúcar nas usinas | novaCana.com”, [s.d.])

Ao analisar o Brasil, tem-se que as plantações de cana se concentram majoritariamente no estado de São Paulo, sendo responsável por 60% da produção de cana no país, e na região da Zona da Mata, no nordeste do Brasil, região precursora das plantações no país, como é possível ver na

Figura 21.

Figura 21: Localização das plantações de cana de açúcar no Brasil.



Fonte: Extraído de Novacana (“A produção de cana-de-açúcar no Brasil (e no mundo) | novaCana.com”, [s.d.])

Além disso, de acordo com o Plano Nacional de Energia 2030, o maior potencial de produção de eletricidade encontra-se na região Sudeste, particularmente no Estado de São Paulo, e é estimado em 609,4 milhões de gigajoules (GJ) por ano. Na Tabela 1 tem-se as 10 cidades mais produtoras de cana do Brasil.

Tabela 1: Ranking das cidades brasileiras produtoras de cana de açúcar e suas respectivas produções.

	Município	UF	Total produzido (em mil toneladas)
1	Morro Agudo	SP	8118,0
2	Rio Brilhante	MS	7551,7
3	Uberaba	MG	6768
4	Quirinópolis	GO	6136,3
5	Barretos	SP	5895,0
6	Nova Alvorada do Sul	MS	5847,6
7	Guaíra	SP	5100,0
8	Frutal	MG	5017,8
9	Jaboticabal	SP	4891,8
10	Araraquara	SP	4480,0

Fonte: Adaptado de NovaCana ("Ranking traz as 100 cidades brasileiras que mais produziram cana-de-açúcar em 2017 | novaCana.com", [s.d.]

Através da Tabela 1 é possível perceber que das 10 cidades mais produtoras de cana de açúcar, 5 são localizadas em São Paulo. Analisando com mais atenção as cidades de Barretos e Guaíra, quinta e sétima posição respectivamente, tem-se que a população de Barretos estimada em 2019 pelo IBGE era de aproximadamente 122 mil habitantes, enquanto que a população de sua vizinha Guaíra era de 42 mil habitantes, totalizando um total de 164mil habitantes na região.

Assim, é possível concluir que a instalação de uma usina de cogeração com capacidade instalada igual a Le Gol na região poderia suprir a demanda energética dos habitantes de ambas as cidades.

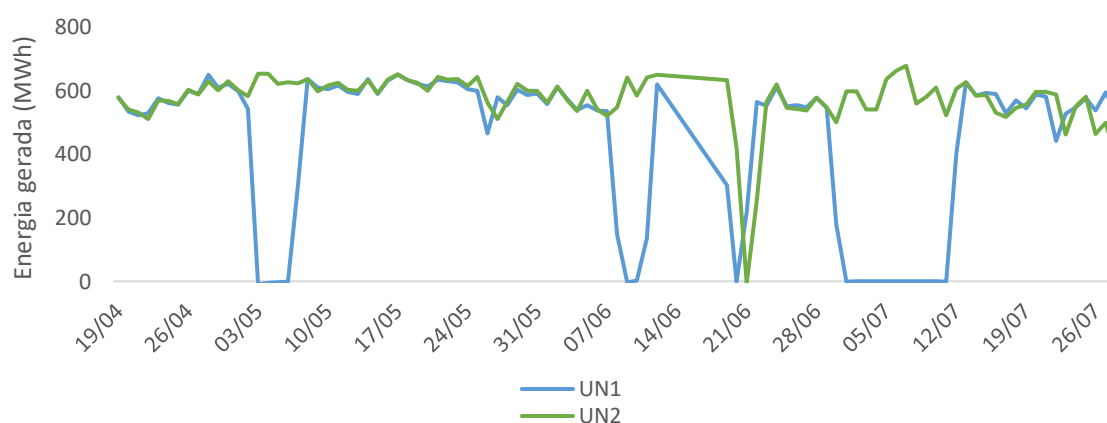
Esse tipo de energia a partir da biomassa já é comum na região, com algumas usinas de cogeração instaladas. Desde 2012, o Hospital de Câncer de Barretos, hoje chamado de Hospital do Amor, recebe, como doação, em média 2.513 MWh de bioeletricidade gerada a partir da biomassa da cana, representando 30% das necessidades anuais de energia elétrica do hospital.

Essa energia é proveniente das usinas Guarani, São José da Estiva, Pitangueiras, Virálcool e Santa Isabel localizadas na região. De acordo com Antônio Eduardo Toniello Filho, diretor industrial da Usina Virálcool, seria possível com investimentos do Governo Federal, abastecer cidades no Brasil com energia elétrica obtida através da biomassa. “Sim, existe essa possibilidade e temos consumidores para isso. É uma energia limpa e muito mais barata que qualquer outro tipo de energia. Ela é muito mais competitiva, barata e menos poluente. O que falta é incentivo, financiamento e também distribuição”, finaliza. (“ITAIPU DOS CANAVIAIS - Energia do bagaço da cana abastece Hospital de Câncer de Barretos | Jornal Agora”, [s.d.])

5.2.3 Geração de Energia Útil

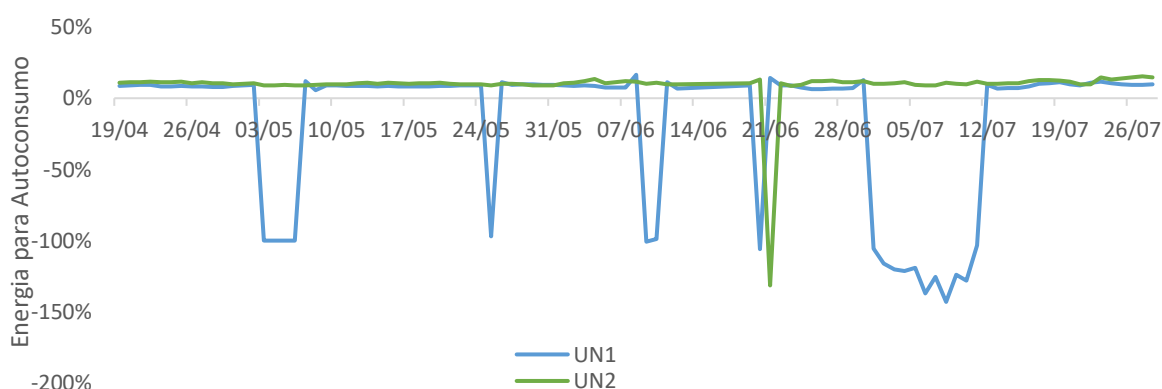
Nem toda a energia gerada pode ser aproveitada, sendo uma parte dessa energia utilizada para fazer funcionar a própria planta, chamada de Energia para Autoconsumo. Assim, o restante é a Energia Útil gerada. A seguir, a Figura 22 indica a Energia Útil gerada na planta Le Gol no período de 19 de abril a 28 de julho de 2019.

Figura 22: Geração de Energia Útil nas Unidades 1 e 2 da usina Le Gol para 19 de abril a 28 de julho de 2019.



Assim, com os dados de Energia Bruta e Útil mostrados nas Figura 20 e Figura 22, é possível calcular a proporção da energia diária destinada ao funcionamento da própria planta em relação a Energia Útil. O gráfico da Figura 23 mostra os dados de energia para autoconsumo para ambas as Unidades no período de 19 de abril a 28 de julho de 2019.

Figura 23: Energia para Autoconsumo para ambas as Unidades de Le Gol no período de 19 de abril a 28 de julho de 2019.



Pelo gráfico da Figura 23 é possível perceber que, sob condições normais de funcionamento, a proporção da energia consumida pela própria planta em relação a energia útil gerada por ela fica em torno de 9% para Unidade 1 e 10% para a Unidade 2. Nos casos em que a usina está parada faz sentido os valores de porcentagem de energia de autoconsumo em relação a energia útil serem negativos pois, a usina além de não estar gerando energia, está gastando com ela própria. Esses casos são observados nos picos negativos na figura anterior.

5.2.4 Relação entre vapor produzido e energia bruta

Como dito anteriormente, em uma usina de cogeração a biomassa, o bagaço será inserido na caldeira que irá produzir vapor a elevadas temperaturas e pressão. Esse vapor pressurizado irá girar as turbinas (gerando, nesse momento, energia mecânica), acionando rotores geradores de energia elétrica.

Assim, há uma relação direta entre o vapor produzido pelas caldeiras e a energia bruta gerada pela usina. Essa relação pode ser observada nas Figura 24 e Figura 25 a seguir.

Figura 24: Relação entre vapor produzido e energia bruta gerada na Unidade 1 da usina ALG no período de 19 de abril a 28 de julho de 2019.

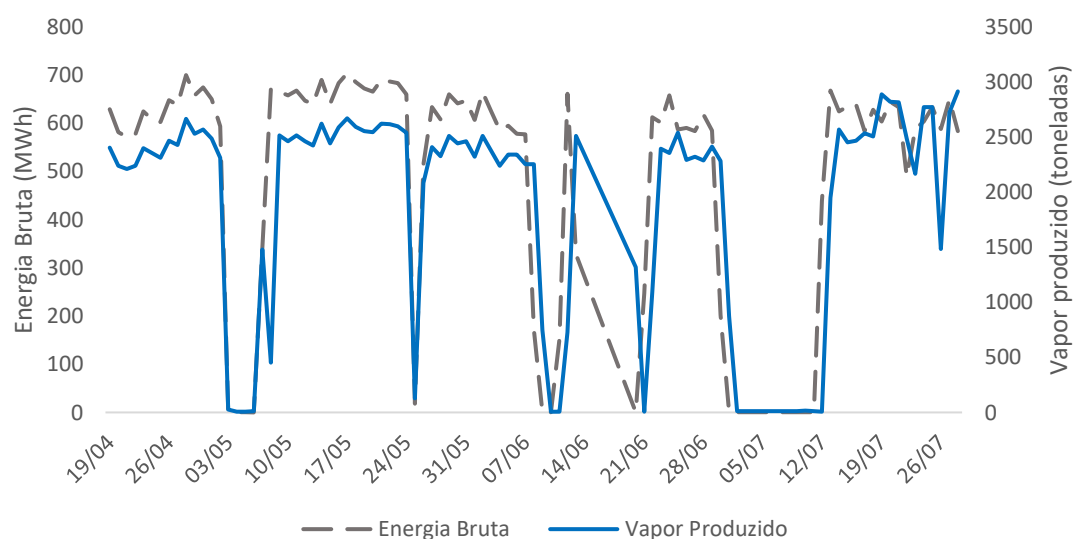
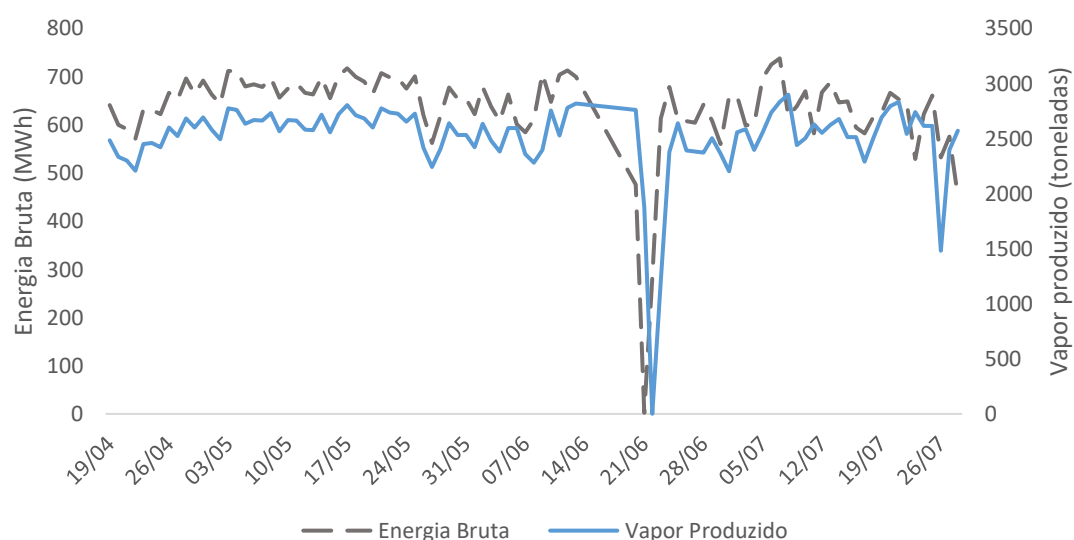


Figura 25: Relação entre vapor produzido e energia bruta gerada na Unidade 2 da usina ALG no período de 19 de abril a 28 de julho de 2019.



Pelos gráficos das Figura 24 e Figura 25, fica clara a relação direta entre energia gerada e vapor produzido pela planta. Quando a unidade opera em

condições ótimas, a produção de vapor é maior, enquanto que quando há alguma parada ou problema, a produção de vapor minimiza, chegando a zero. No caso da Unidade 1, que já foi visto anteriormente que apresentou problemas maiores, a geração de vapor ficou em torno de 2300 toneladas por dia, considerando apenas os dias de funcionamento normal, caindo para 1850 toneladas por dia quando se faz a média considerando o período de paradas também. Já na Unidade 2, a geração de vapor ficou em torno de 2540 toneladas por dia descartando os dias de parada e 2500 toneladas considerando o período como um todo. Esses valores evidenciam mais uma vez o melhor desempenho da unidade 2 da usina, em comparação com a unidade 1, uma vez que o desempenho na geração de vapor afeta diretamente a energia gerada.

5.3 Emissões da usina Albioma Le Gol

A seguir serão mostrados os dados extraídos de emissões da usina Albioma Le Gol dos dias 5 de junho de 2019 a 28 de julho de 2019. As emissões monitoradas foram as de monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NOx), óxidos de enxofre (SOx) e materiais particulados. As Figura 26 e Figura 27 retratam as emissões na Unidade 1 e 2, respectivamente, no período de 5 de junho a 28 de julho de 2019.

Figura 26: Emissões na Unidade 1 da Usina Le Gol de 5 de julho a 28 de julho de 2019.

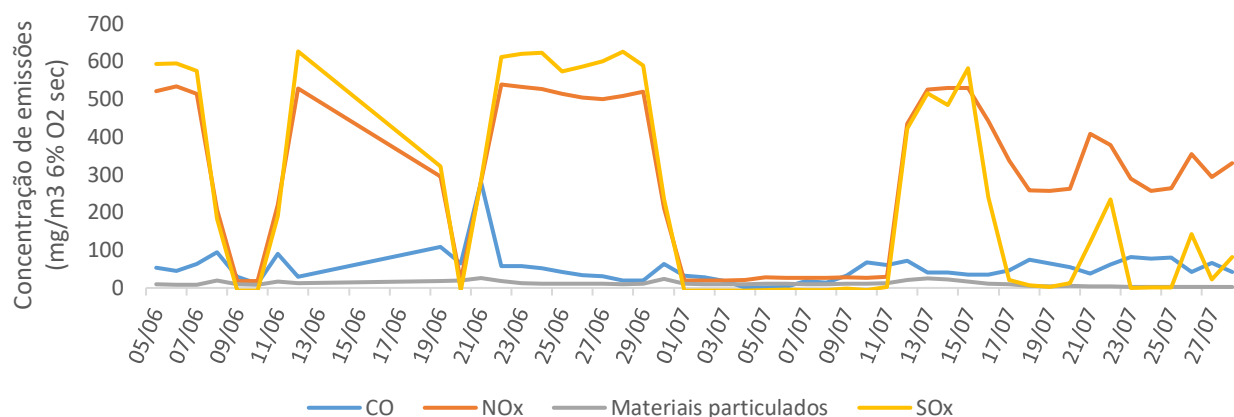
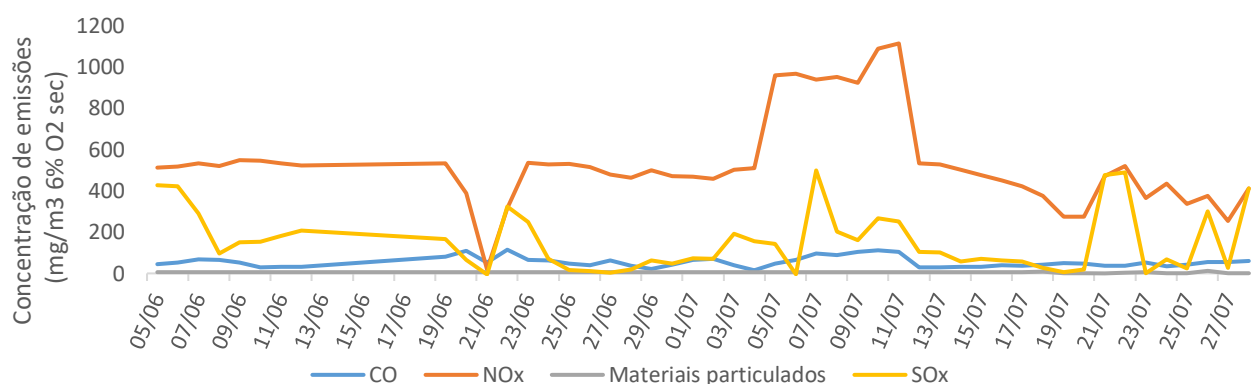


Figura 27: Emissões na Unidade 2 da Usina Le Gol de 5 de julho a 28 de julho de 2019



Comparando os gráficos das Figura 26 e Figura 27 é possível concluir que apesar das unidades serem idênticas, as emissões devem ser tratadas de forma independente pois podem variar bastante de uma unidade para outra. Na unidade 1, por exemplo, as emissões de NOx ficaram entre 20 e 530 mg/m³ 6%O₂sec, enquanto que na unidade 2 a concentração desses gases foi bem maior, atingindo até 1113 mg/m³ 6%O₂sec. Já em relação as emissões de SOx, a unidade 1, que obteve as maiores concentrações, apresentou um máximo de 626 mg/m³ 6%O₂sec no período, enquanto que a unidade 2 apresentou um valor máximo em torno de 500 mg/m³ 6%O₂sec.

Além disso, é possível perceber que as emissões de NOx e SOx de ambas as usinas tem comportamentos semelhantes ao longo do tempo. Analisando a Figura 26, quando a concentração de emissões de NOx está um pouco elevada, como nos períodos de 5 a 9 de junho, 12 a 19 de junho, 22 a 30 de junho e 13 a 16 de julho, as emissões de SOx também aparecem um pouco elevadas, enquanto que nos outros períodos, ambas as emissões estão com concentrações menores. O mesmo comportamento pode ser observado na Figura 27 referente as emissões da Unidade 2.

Outra análise interessante é que de forma geral, a concentração de NOx e SOx superam as concentrações de CO e materiais particulados. O fato das emissões de CO e de materiais particulados estarem em níveis baixos é um indício de que a combustão na caldeira foi majoritariamente completa, transformando o carvão fóssil ou o bagaço quase que 100% em gás carbônico, levando a uma maior liberação de calor e consequentemente maior produtividade.

É importante evidenciar que esses dados eram coletados a partir de um captor localizado em pontos de interesse da usina. Assim, como em qualquer instrumento de medida, há um erro de medida do próprio equipamento. Era comum a extração de dados negativos de concentrações desses gases, o que não faria sentido se interpretássemos esse valor bruto. Assim, dados negativos (porém próximos a zero) eram considerados como zero, ou seja, sem emissões consideráveis desse gás naquele período de tempo. Exemplo disso são os dados de emissões de SOx da Unidade 1 de 01 a 10 de julho de 2019 em que os valores ficaram próximos a $-5 \text{ mg/m}^3 \text{ 6\%O}_2\text{sec}$.

5.3.1 Concentração de emissões versus limite permitido

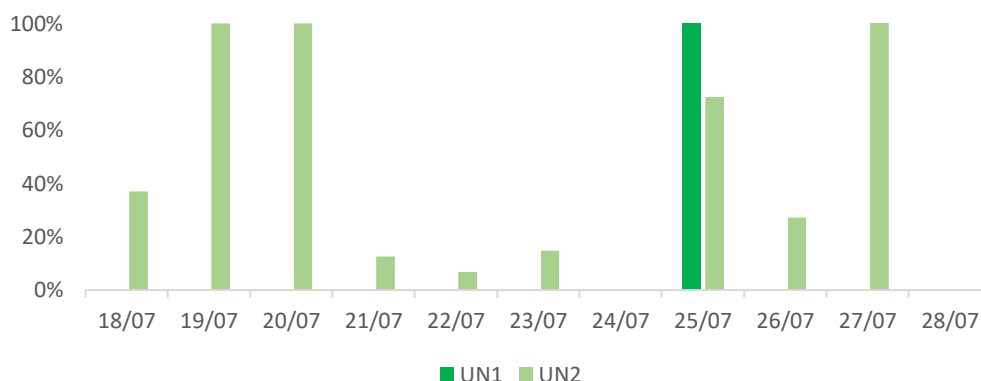
A partir dos dados de emissão capturados foi possível analisar se as concentrações das emissões da planta Le Gol estavam dentro do limite permitido pela lei francesa. Esse limite dependia, além do poluente em questão, de qual combustível foi queimado na geração de energia. Na Tabela 2 a seguir, encontram-se os dados desses limites para os gases CO, NOx, SOx e materiais particulados em função do combustível utilizado.

Tabela 2: Limites de concentração dos gases CO, NOx, SOx e materiais particulados permitidos pela lei francesa

	CO mg/m ³ 6% O ₂ sec	NOX mg/m ³ 6% O ₂ sec	MATERIAIS PARTICULADOS mg/m ³ 6% O ₂ sec	SOX mg/m ³ 6% O ₂ sec
CARVÃO FÓSSIL	100	650	10	1250
BAGAÇO	160	470	15	450

Dessa forma, para analisar se as emissões estavam dentro dos limites, é necessário saber com que combustível a usina estava funcionando e em qual proporção carvão fóssil/bagaço pois, em um mesmo dia, era possível a queima com ambos os combustíveis. No caso da planta Le Gol, no período de 5 de junho a 28 de julho de 2019, o bagaço só foi introduzido a partir do dia 18 de julho. Na Figura 28 é possível visualizar o período indicado e em que proporção foi queimado bagaço de cana. Importante ressaltar que de 5 de junho a 17 de julho de 2019, a queima foi 100% de carvão fóssil.

Figura 28: Porcentagem de funcionamento a bagaço a partir de 18 de julho.



Assim, a partir dos dados das concentrações dos gases emitidos e dos limites permitidos para cada gás e a partir de uma média ponderada pela proporção de combustíveis utilizados, foi possível concluir se a concentração dos gases emitidos estava abaixo do limite permitido. Para a unidade 1 da planta ALG, apenas o gás CO e materiais particulados ultrapassaram, por alguns dias, o limite permitido, enquanto que para a unidade 2, foram os gases CO e NOx que tiveram esse problema. A seguir, as Figura 29 Figura 30 comparam as emissões e os limites de CO e materiais particulados para a Unidade 1, respectivamente, e as Figura 31 Figura 32 comparam as emissões e os limites de CO e NOx para a Unidade 2.

Figura 29: Concentração de CO emitida pela Unidade 1 no período de 5 de junho a 28 de julho de 2019 versus o limite permitido.

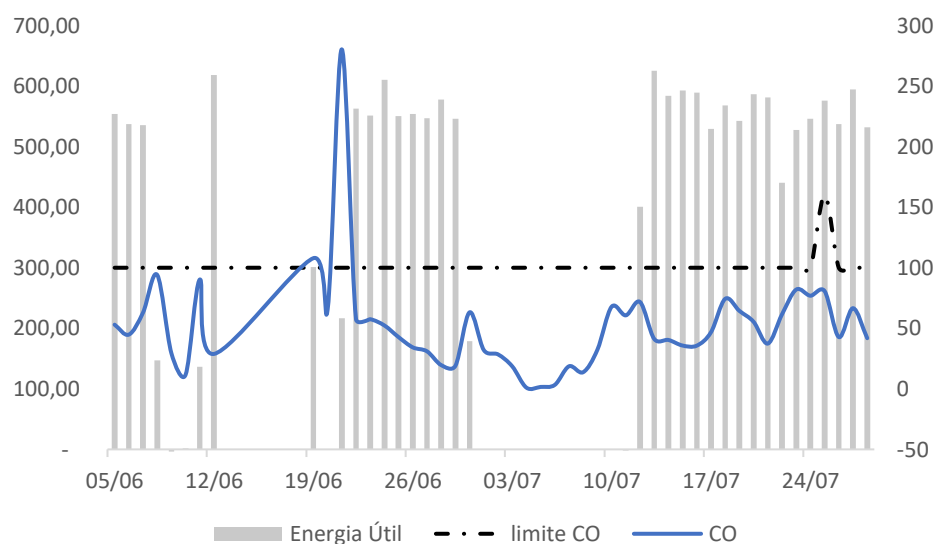


Figura 30: Concentração de materiais particulados emitida pela Unidade 1 no período de 5 de junho a 28 de julho de 2019 versus o limite permitido.

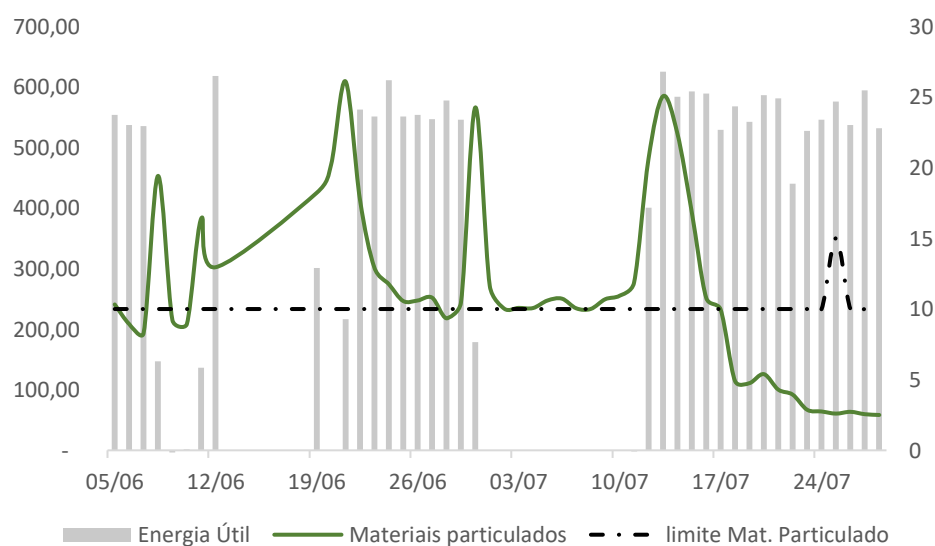


Figura 31: Concentração de CO emitida pela Unidade 2 no período de 5 de junho a 28 de julho de 2019 versus o limite permitido.

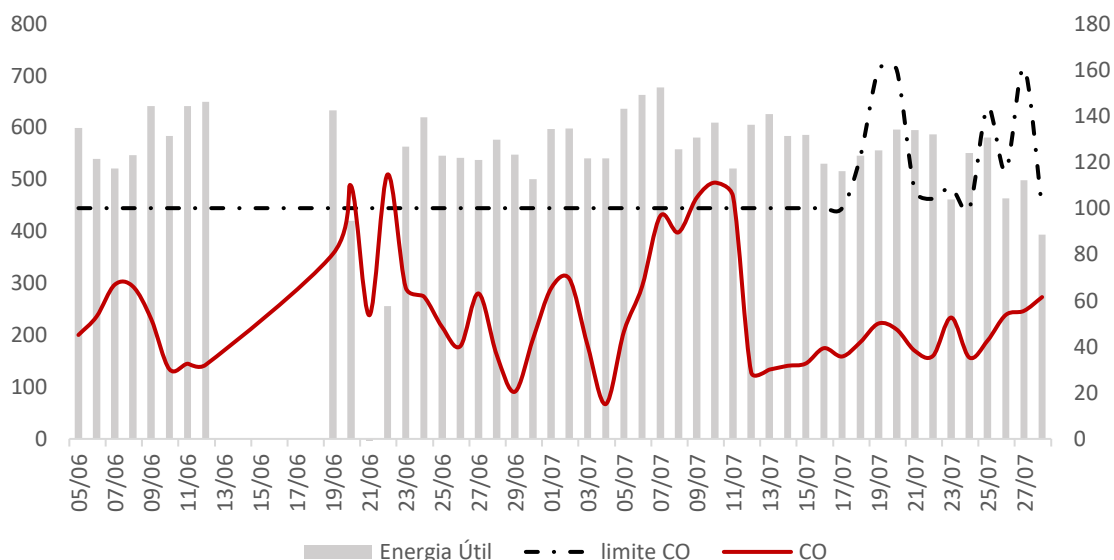
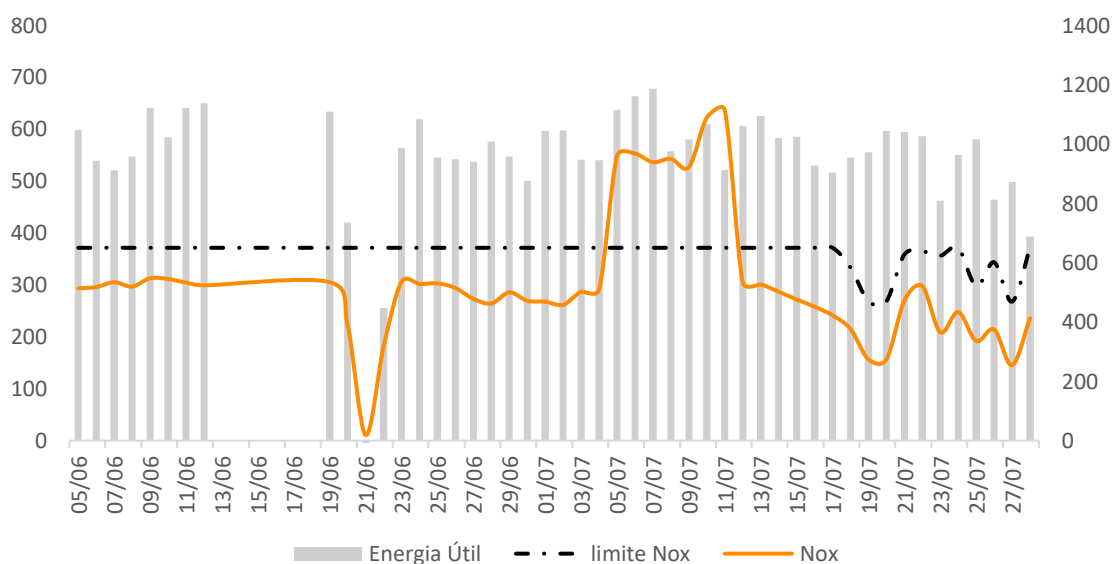


Figura 32: Concentração de NOx emitida pela Unidade 2 no período de 5 de junho a 28 de julho de 2019 versus o limite permitido.



Pelo gráfico da Figura 29 é possível perceber que, na maior parte do tempo, os níveis de CO se mantiveram abaixo do limite permitido. Porém, no dia 19 de junho de 2019 sua concentração superou o limite de 100 mg/m³ 6%O₂sec

em 8 unidades, e no dia 21 de junho de 2019 seu valor disparou, atingindo a marca de 280 mg/m^3 $6\% \text{O}_2 \text{sec}$. Analisando a energia útil gerada no período, vê-se que a unidade 1 da usina ficou parada desde as 13h21 do dia 19 de junho até as 14h26 do dia 21 de junho, o que pode explicar os níveis estranhos de CO nesses dias pois a usina teve um desligamento/ligamento.

Já pela Figura 30 é possível analisar que a unidade 1 ficou boa parte do período mostrado com níveis superiores de emissões de materiais particulados, normalizando apenas a partir do dia 17 de julho de 2019. As hipóteses para isso são inúmeras: má combustão do carvão fóssil gerando muita fuligem, problema nos filtros das chaminés, e até erro de medida dos captadores. Como a unidade 1 teve algumas paradas nesse período, especula-se que o problema seja de fato da usina e não de erros de medida dos captadores. Além disso, não foi possível fazer a mesma relação feita para CO em que os valores de emissões dependem do desligamento ou ligamento da usina pois no período indicado é possível ver diversos cenários: emissões baixas e a usina em funcionamento (23 a 28 de junho de 2019), emissões elevadas e a usina em funcionamento (12 a 15 de julho de 2019), emissões baixas e a usina parada (1 a 10 de julho de 2019) e emissões baixas e a usina em funcionamento (16 a 28 de julho de 2019).

Analisando a Unidade 2, vê-se que os problemas relacionados ao CO se mantêm, porém os níveis de materiais particulados permanecem sempre dentro do limite, sendo os níveis de NO_x os mais preocupantes. Pela Figura 31, é possível analisar que também nos dias 19 e 21 de julho de 2019 os níveis de CO ficaram um pouco acima do permitido, sendo que a usina também foi desligada e reiniciada nesses dias. Portanto, a causa para a anormalidade é a mesma vista na Unidade 1. Além desse período, tem-se uma elevação nos níveis de CO no

período de 9 a 11 de julho de 2019 não relacionado a desligamentos da planta. Essa elevação pode ser devido ao mal controle da combustão ou até erro de medida dos captosres.

Por último, na Figura 32, tem-se o comportamento das emissões de NOx pela Unidade 2. Dos dias 5 a 11 de julho de 2019, as emissões de NOx dispararam, ficando no dia 11, 70% acima do nível permitido. Uma hipótese provável da causa dessa elevação são falhas nos tratamentos desses gases, o que foi rapidamente corrigido pois em seguida os níveis de concentrações de NOx emitidos caem drasticamente.

5.3.2 Emissões geradas a partir de carvão fóssil versus bagaço

Outra análise interessante de ser feita é o estudo da média das emissões dos gases CO, NOx, SOx e materiais particulados dependendo do tipo de combustível que os geraram. Assim, para isso, foi necessário inicialmente dividir os dados de emissões extraídos pelo EDS proporcionalmente em relação a quantidade de cada combustível utilizado naquele dia. Em seguida, dividir esses valores pelo total de energia gerada a fim de se ter um número de concentrações de emissões por MWh. A Tabela 3 a seguir exemplifica esses cálculos para as emissões de NOx dos dias 17 a 19 de julho de 2019 da Unidade 2.

Tabela 3: Cálculos da emissão de NOx por MWh e por combustível dos dias 17 a 19 de julho de 2019.

	17/07	18/07	19/07
NOx (mg/m³ 6% O₂sec)	422,23	376,10	274,00
Energia útil (MWh)	516,10	545,61	555,78
Energia Útil Bagaço (MWh)	-	201,96	555,62
Energia Útil Carvão fóssil (MWh)	516,10	343,65	0,16
NOx (mg/m³ 6% O₂sec / MWh)	0,82	0,69	0,49
NOx bag (mg/m³ 6% O₂sec /MWh)	-	0,26	0,49
NOx carvão fóssil (mg/m³ 6% O₂sec /MWh)	0,82	0,43	-

A partir desses cálculos, para todos os gases no período de 5 de junho a 28 de julho de 2019, em ambas Unidades, e fazendo a média de emissão por combustível por MWh para todo o período, foi possível chegar aos gráficos das Figura 33 e Figura 34 a seguir.

Figura 33: Média de emissões por unidade de energia gerada do período de 5 de junho a 29 de julho de 2019 por combustível - Unidade 1

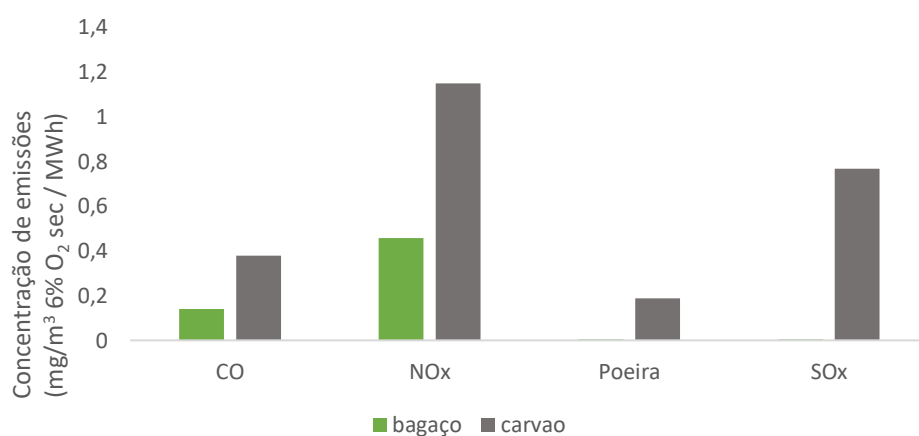
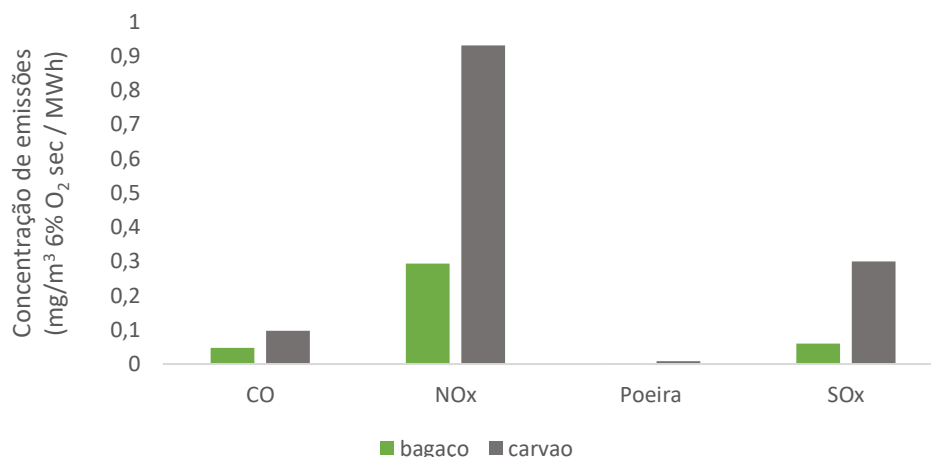


Figura 34: Média de emissões por unidade de energia gerada do período de 5 de junho a 29 de julho de 2019 por combustível - Unidade 2



A partir das Figura 33 Figura 34 acima fica claro que os níveis de emissões de todos os gases apresentados são consideravelmente maiores quando o combustível utilizado na queima é o carvão fóssil. Em ambas as unidades, as diferenças nas emissões de materiais particulados e SOx são as maiores. No caso da Unidade 1, a emissão de materiais particulados foi 41,6 vezes maior e a de SOx foi 245,0 vezes maior quando o carvão fóssil é usado. Já no caso da Unidade 2, a emissão foi 3,3 e 5 vezes maior para materiais particulados e SOx, respectivamente, quando o carvão fóssil é queimado.

Esse fato evidencia a importância na substituição de carvão fóssil por bagaço nas termoeletricas. O bagaço já tem uma importante vantagem pois, durante o crescimento da cana de açúcar é necessário a retirada de gás carbônico da atmosfera para a realização da fotossíntese, diminuindo as concentrações desse gás na atmosfera. Em seguida, quando ele é queimado, emissões de CO, NOx, SOx e poeiras para a atmosfera são consideravelmente menores comparadas a do carvão fóssil. Assim, esse combustível em matrizes energéticas é um importante aliado contra impactos ambientais, como aumento

do aquecimento global, formação de chuva ácida e destruição da camada de ozônio.

Em termos de CO_{2e}, de acordo com SCHMITZ et al. uma usina a biomassa emite 0,00909 kg de CO_{2e} por kWh produzido, enquanto que uma usina a carvão fóssil emite 0,30561 kg CO_{2e} por kWh gerado. Trazendo essa análise para a usina Le Gol, na Tabela 4 tem-se os valores de kWh gerados para cada combustível e a emissão de CO_{2e} correspondente.

Tabela 4: CO_{2e} emitidos para a usina ALG para cada combustível utilizado.

Combustível Utilizado	Energia Gerada (kWh)	CO_{2e} (kg)
Carvão	101988,98	31168,85
Bagaço	3554,01	032,30
TOTAL	105542,99	31201,16

Dessa forma, ao todo foram gerados 105,5 MWh de energia e um correspondente de 31,2 toneladas de CO_{2e}. Porém, apenas com os 3,5 MWh de energia gerados a biomassa, foi possível poupar 1,05 toneladas de CO_{2e} na atmosfera.

Trazendo essa mesma análise para o Brasil, tem-se que em 2018 foram produzidos 14204 GWh de energia a partir do carvão fóssil e 51876 GWh de energia a partir da biomassa (EPE; MME, 2019). A Tabela 5 mostra o quanto de CO_{2e} foi produzido para cada um desses combustíveis.

Tabela 5: CO_{2e} emitido no Brasil a partir de carvão e biomassa em 2018.

	Energia Gerada (GWh)	CO_{2e} (Mt)
CARVÃO FÓSSIL	14204	4,34
BIOMASSA	51876	0,47

Se essa energia gerada através da biomassa fosse gerada a carvão fóssil, teríamos 15,8Mt a mais de CO₂e na atmosfera. Se substituíssemos toda essa energia gerada a carvão fóssil por biomassa, reduziríamos 4,2Mt de CO₂e na atmosfera por ano. De acordo com os objetivos do Acordo de Paris, o Brasil precisa diminuir 400Mt de CO₂e até 2030 (UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, 2019). Considerando o período de 2020 a 2030, o Brasil poderia reduzir até 42Mt de CO₂e ao substituir fontes a carvão fóssil a biomassa, ou seja, 10% do necessário para o Acordo de Paris.

Ampliando a análise, pode-se adicionar também as emissões de CO₂e a partir da geração de energia elétrica utilizando gás natural. De acordo com SCHMITZ et al. uma usina a gás natural emite 0,18365 kg de CO₂e por kWh produzido, aproximadamente 40% menos que uma usina a carvão fóssil, porém mais do que 20 vezes mais que uma usina a biomassa. Apesar do gás natural ser menos poluente que o carvão fóssil, no Brasil em 2018, foram gerados 54622 GWh de energia através dessa fonte, sendo a segunda fonte de energia mais utilizada na produção de eletricidade, ficando atrás apenas da hidráulica. Assim, pode ser vantajoso sua substituição por biomassa. Na Tabela 6 abaixo, tem-se a energia gerada por cada uma dessas três fontes (carvão fóssil, biomassa e gás natural), suas contribuições em CO₂e emitidos de acordo com SCHMITZ et al. e o total.

Tabela 6: Energia gerada e o correspondente em CO₂e emitido no Brasil a partir de carvão fóssil, biomassa e gás natural em 2018

	Energia Gerada (GWh)	CO ₂ e (Mt)
CARVÃO FÓSSIL	14204	4,34
BIOMASSA	51876	0,47
GÁS NATURAL	54622	10,03
TOTAL	120702	14,84

A partir da Tabela 6, pode-se perceber que foram emitidos 14,84Mt de CO₂e em 2018 com a geração de 120702 GWh a partir do carvão fóssil, biomassa e gás natural. Se esses 120702 GWh produzidos a partir dessas três fontes no Brasil em 2018 fossem substituídos apenas por biomassa, o CO₂e emitido cairia para 1,09 Mt, poupando 13,7 Mt de CO₂e na atmosfera. Multiplicando esse valor por dez para se obter o total poupado até 2030, chega-se a 137Mt de CO₂e reduzidos, o correspondente a 35% dos esforços necessários para atingirmos os objetivos do Acordo de Paris.

6. Conclusões

Esse trabalho tinha dois objetivos principais que foram atendidos: análise das principais informações da usina Albioma Le Gol, e a viabilidade do EDS como software de captura e tratamento de dados para a empresa Albioma.

Em relação ao EDS, ele apresentou alguns problemas relacionados a conexão e extração de dados incoerentes que foram resolvidos a partir de modificações nas configurações internas da empresa. No caso específico da Albioma, o software ajudou no monitoramento a distância das usinas, porém, devido aos problemas enfrentados em sua utilização, a equipe ficou receosa em confiar 100% do seu monitoramento na ferramenta. Além disso, não foram comprovadas melhorias no funcionamento da usinas devido ao monitoramento a distância que o EDS oferece.

Em relação a análise das informações da usina Albioma Le Gol, foi possível o estudo da geração de energia bruta e útil da usina, sua produção de vapor e a concentração de emissões de óxidos de nitrogênio, enxofre, materiais particulados e monóxido de carbono.

A partir da informação de que a usina Albioma Le Gol gerou 105,5 GWh de energia elétrica em 95 dias, foi possível concluir que uma usina desse porte poderia atender a população de uma região com aproximadamente 166 mil habitantes, como as cidades de Barretos e Guaíra que são grandes produtoras de cana de açúcar, porém sendo ainda necessário investimento governamental e uma rede de distribuição bem estruturada.

Por último, foi feita uma análise visando estudar a influência do combustível utilizado nas emissões. Foi possível perceber que, em todos os poluentes

estudados, suas emissões foram consideravelmente maiores quando o combustível era carvão fóssil, com destaque para as emissões de SOx e materiais particulados. No caso da Unidade 1, a emissão de materiais particulados foi 41,6 vezes maior e a de SOx foi 245,0 vezes maior quando o carvão fóssil é usado. Já no caso da Unidade 2, a emissão foi 3,3 e 5 vezes maior para materiais particulados e SOx, respectivamente, quando o carvão fóssil é queimado. Importante ressaltar que, como a Unidade 1 operou a biomassa durante apenas 1 dia, os dados de emissões por combustíveis da Unidade 2 são mais factíveis.

Ampliando a análise para emissões de CO₂e, uma usina a biomassa emite 33 vezes menos que uma usina a carvão fóssil, e 20 vezes menos que uma usina a gás natural. A usina Le Gol, emitiu 31,2 toneladas de CO₂e, poupando 1 tonelada de CO₂e ao produzir 10% de sua energia com biomassa. No Brasil, em 2018, foi gerado 120702 GWh de energia a partir do carvão fóssil, gás natural e bagaço, emitindo 14,84 Mt de CO₂e na atmosfera. Se toda essa energia fosse gerada através da biomassa, as emissões de CO₂e cairiam para 1,09 Mt, poupando 13,7Mt de CO₂e por ano na atmosfera. Considerando os 10 anos que faltam para a data limite do Acordo de Paris, isso é 35% do necessário para atingirmos as metas.

7. Apêndice

7.1 Relatário Diário da Usina Le Gol do dia 16 de junho de 2019.

	Albioma Le Moule						

REFERÊNCIAS

A produção de cana-de-açúcar no Brasil (e no mundo) | novaCana.com. Disponível em:

<<https://www.novacana.com/cana/producao-cana-de-acucar-brasil-e-mundo>>. Acesso em: 18 maio. 2020.

Acordo de Paris. Disponível em:

<<https://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris>>. Acesso em: 28 mar. 2020.

ALBIOMA. Document de référence. 2018.

ALBIOMA. **Résultats annuels 2019**. [s.l: s.n.].

ANEEL. Parte II: Fontes Renováveis - Biomassa. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**, p. 63–74, 2008.

Como é feito o processamento da cana-de-açúcar nas usinas | novaCana.com. Disponível em:

<<https://www.novacana.com/usina/como-e-feito-processamento-cana-de-acucar>>. Acesso em: 31 maio. 2020.

Conheça todos os tipos de biomassa disponíveis no Brasil - Coontrol Blog. Disponível em: <<https://coontrol.com.br/blog/tipos-de-biomassa-disponiveis-no-brasil/>>. Acesso em: 31 maio. 2020.

DECICINO, R. **Protocolo de Kyoto: Países se comprometeram a reduzir emissão de gases - UOL Educação.** Disponível em: <<https://educacao.uol.com.br/disciplinas/geografia/protocolo-de-kyoto-paises-se-comprometeram-a-reduzir-emissao-de-gases.htm>>. Acesso

em: 28 mar. 2020.

EDS | Emerson US. Disponível em: <<https://www.emerson.com/en-us/automation/control-and-safety-systems/distributed-control-systems-dcs/ovation-distributed-control-system/eds>>. Acesso em: 30 mar. 2020.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Relatório Síntese. BEN 2019, ano base 2018. p. 67, 2019.

EPE; MME. Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2019. Ano base 2018. p. 254, 2019.

Flagship UN study shows accelerating climate change on land, sea and in the atmosphere | UN News. Disponível em: <<https://news.un.org/en/story/2020/03/1059061>>. Acesso em: 28 mar. 2020.

GCOS | WMO. Disponível em: <<https://gcos.wmo.int/en/global-climate-indicators>>. Acesso em: 28 mar. 2020.

INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY. **Renewable power generation costs in 2018.** [s.l: s.n.].

ITAIPU DOS CANAVIAIS - Energia do bagaço da cana abastece Hospital de Câncer de Barretos | Jornal Agora. Disponível em: <<http://www.jornalagorasertaozinho.com.br/conteudo/itaipu-dos-canaviais-energia-do-bagaco-da-cana-abastece-hospital-de-cancer-de-barretos.html>>. Acesso em: 17 maio. 2020.

Johannesburg Summit | Realidad social y desarrollo. Disponível em: <<http://www.johannesburgsummit.org/>>. Acesso em: 28 mar. 2020.

LE QUÉRÉ, C. et al. Global Carbon Budget 2017. **Earth System Science Data**, v. 10, n. 1, p. 405–448, 2018.

MAGALHÃES, L. **Rio+10: resumo da conferência sobre meio ambiente - Toda Matéria**. Disponível em: <<https://www.todamateria.com.br/rio-10/>>. Acesso em: 28 mar. 2020.

Meio ambiente | ONU Brasil. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/acao/meio-ambiente/>>. Acesso em: 28 mar. 2020.

Protocolo de Montreal (PNUD) - Sobre o Protocolo de Montreal. Disponível em: <<http://www.protocolodemontreal.org.br/site/quem-somos/protocolo-de-montreal/sobre-o-protocolo-de-montreal>>. Acesso em: 28 mar. 2020.

Protocolo de Quioto. Disponível em: <<https://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/protocolo-de-quioto.html>>. Acesso em: 28 mar. 2020.

Ranking traz as 100 cidades brasileiras que mais produziram cana-de-açúcar em 2017 | novaCana.com. Disponível em: <<https://www.novacana.com/n/cana/safra/ranking-100-cidades-brasileiras-mais-produziram-cana-de-acucar-2017-161018>>. Acesso em: 17 maio. 2020.

REIS, P. **O que é a energia da Biomassa: Tudo sobre Biomassa**. Disponível em: <<https://www.portal-energia.com/o-que-e-energia-biomassa/>>. Acesso em: 28 mar. 2020.

Rio Mais 20 - Toda Matéria. Disponível em: <<https://www.todamateria.com.br/rio-mais-20/>>. Acesso em: 28 mar. 2020.

SCHMITZ, S. et al. A Corporate Accounting and Reporting Standard. 2000.

Sobre a Rio+20 — Rio + 20. Disponível em: <http://www.rio20.gov.br/sobre_a_rio_mais_20.html>. Acesso em: 28 mar. 2020.

SOUSA; RAFAELA. **Conferências ambientais - Brasil Escola.** Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/geografia/conferencias-ambientais.htm>>. Acesso em: 28 mar. 2020.

TOMAZ, W. L. et al. COGERAÇÃO DE ENERGIA A PARTIR DO BAGAÇO DA CANA-DE- AÇÚCAR: estudo de caso múltiplo no setor sucroalcooleiro. **Encontro Internacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente**, p. 17, 2017.

UN Conference on the Human Environment ∴ Sustainable Development Knowledge Platform. Disponível em: <<https://sustainabledevelopment.un.org/milestones/humanenvironment>>. Acesso em: 31 maio. 2020.

UNCC SECRETARIAT. Climate action and support trends. **United Nations Climate Change Secretariat**, p. 37, 2019.

UNITED NATIONS. United Nations Conference on the Human Environment [UNCHE]. Stockholm Declaration: A/CONF.48/14/Rev.1.

Report of the United Nations conference on the Human Environment,
n. June, p. 77, 1972.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **Emissions Gap
Report 2019.** [s.l: s.n.].

WMO. **WMO statement on the status of the global climate in 2013.**
WMO-No. 1130. Geneva, Switzerland. [s.l: s.n.].

World Bioenergy Association (WBA), Global Bioenergy Statistics. 2019.