

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO,  
CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE DO SUL  
Campus Ibirubá**

**Rômulo de Oliveira Colissi**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**Alternativas energéticas como forma de mitigar os impactos ambientais decorrentes das  
Usinas de Asfalto.**

**Ibirubá  
2022**

**Rômulo de Oliveira Colissi**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**Alternativas energéticas como forma de mitigar os impactos ambientais decorrentes das Usinas de Asfalto.**

Proposta de projeto apresentada como requisito parcial para o desenvolvimento do Trabalho de Conclusão de Curso do curso Superior em Engenharia Mecânica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Campus Ibirubá.

Orientador: Alexandre Bittencourt de Sá

Ibirubá

2022

## Ficha catalográfica

Título do trabalho: Alternativas energéticas como forma de mitigar os impactos ambientais decorrentes das Usinas de Asfalto.

Trabalho de conclusão de curso

Orientador: Alexandre Bittencourt de Sá

Ano: 2022

Número de folhas: 63

Assunto: Gases de efeito estufa; Usina de asfalto; Energia térmica.

**Alternativas energéticas como forma de mitigar os impactos ambientais decorrentes das Usinas de Asfalto.**

**Romulo de Oliveira Colissi**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Banca Examinadora designada pelo Curso de Engenharia Mecânica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Campus Ibirubá, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Ibirubá, 01 de março de 2022.

Banca Examinadora:

Prof. Alexandre Bittencourt de Sá  
IFRS campus Ibirubá

Prof. Pedro Augusto Fernandes Pereira  
IFRS campus Ibirubá

Prof. Bruno Conti Franco  
IFRS campus Ibirubá

## RESUMO

O uso de práticas ambientais menos nocivas ao meio ambiente é uma tendência para as matrizes energéticas mundiais e a diversificação com foco nas energias renováveis e melhoria nos processos térmicos são objetos de inúmeros estudos publicados atualmente. O Brasil possui a maioria da sua malha rodoviária em pavimento flexível, sendo que para a sua produção é necessários altas temperaturas no processo de fabricação do produto final denominado Concreto Betuminoso Usinado a Quente. Este trabalho analisa os tipos de usinas de asfalto, os tipos de pavimentos, os impactos ambientais decorrentes desta produção e apresenta propostas de melhorias no processo para redução destes gases. O trabalho foi baseado na literatura vigente e em consulta a empresas e profissionais da área. Com base no presente trabalho de conclusão de curso, concluiu-se que algumas práticas energéticas podem ser utilizadas para a melhoria no processo industrial, reduzindo o consumo de combustível com conseqüente redução do impacto ambiental.

## **ABSTRACT**

The use of environmental practices less harmful to the environment is a trend for the world energy matrices and the diversification focusing on renewable energy and improvement in thermal processes are objects of numerous studies published today. Brazil has most of its road network in flexible pavement, and its production requires high temperatures in the manufacturing process of the final product called Hot-Machined Bituminous Concrete. This study analyzes the types of asphalt plants, the types of pavement, the environmental impacts resulting from this production, focusing on emissions of greenhouse gases and presents proposals for improvements in the process to reduce these gases. The work was based on current literature and in consultation with companies and professionals of the field. Based on this course conclusion work, it was concluded that some energy practices can be used to improve the industrial process, reducing fuel consumption with consequent reduction of environmental impact.

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

CA – Concreto Asfáltico

CAP – Cimento Asfáltico de Petróleo

CF – Contra fluxo Fixa

CM – Contra fluxo Móvel

GEE- Gás de Efeito Estufa

GLP – Gás Liquefeito de Petróleo

GN – Gás Natural

PAG – Potencial de Aquecimento Global

PCI – Poder Calorífico Inferior

CBUQ – Concreto Betuminoso Usinado a Quente

DNIT- Departamento Nacional de Infraestrutura em Transportes

SHS -Sistemas de aquecimento solar

HTF – Fluido de transferência de calor

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema de refino do petróleo para obtenção do asfalto.....	15
Figura 2 - Estrutura do pavimento flexível.....	16
Figura 3 - Estrutura do pavimento rígido.....	16
Figura 4 - Pavimento flexível.....	17
Figura 5 - Pavimento rígido.....	17
Figura 6 - Lago de Asfalto natural.....	18
Figura 7 - CAP - Cimento asfáltico de petróleo 30/45.....	19
Figura 8 - Usina gravimétrica ou batch-mixer.....	21
Figura 9 - Usina volumétrica ou drum-mixer.....	22
Figura 10 - Abastecimento do processo em usinas volumétricas.....	22
Figura 11 - Usina gravimétricas e Volumétricas.....	23
Figura 12 - Exemplo de uma usina asfáltica por batelada ou gravimétrica.....	24
Figura 13 - Exemplo de uma usina asfáltica contínua detalhada.....	24
Figura 14 - Tambor secador de contra fluxo.....	25
Figura 15 - Tambor secador de fluxo paralelo.....	26
Figura 16 - Modelo de queimador.....	27
Figura 17 - Temperatura de Usinagem e consumo de combustível.....	28
Figura 18 - Efeito Estufa.....	31
Figura 19 - Fontes de emissões em uma usina volumétrica.....	33
Figura 20 - Fontes de emissões em uma usina gravimétrica.....	34
Figura 21 - Exemplo de depósito de agregados coberto.....	40
Figura 22 - Exemplo de correia transportadora de agregados coberta.....	41
Figura 23 - Tubulação coberta com areia saibrosa melhora o isolamento térmico.....	43
Figura 24 - Agitador instalado dentro de tanque de armazenamento de ligante asfáltico.....	44
Figura 25 - Potencial de energia solar térmica por país, Brasil.....	46
Figura 26 - Sistema de armazenamento de asfalto com aquecimento solar.....	47
Figura 27 - Instalação industrial para preaquecimento solar.....	48
Figura 28 - Modelo do Sistema de Aquecimento Solar.....	49



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Combustíveis utilizados na caldeira e tambor secador.....	30
Tabela 2 - Agentes e fontes poluidoras.....	32
Tabela 3: Média de consumo de combustível.....	37
Tabela 4 - Custo de combustível no tambor secador com 2,5% de umidade no agregado.....	38
Tabela 5 - Custo de combustível no tambor secador com 4,5% de umidade no agregado.....	38
Tabela 6 - Aumento em porcentagem no consumo -2,5% a 4,5%.....	39
Tabela 7 - Energia térmica.....	39
Tabela 8: Consumo de combustível para aquecer o tanque de CAP.....	42
Tabela 9 - Componentes perigosos -Isolamento térmico.....	45

## ÍNDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
1.1	JUSTIFICATIVA.....	12
1.2	OBJETIVOS GERAL E ESPECÍFICOS.....	12
1.3	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	13
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>14</b>
2.1	ASFALTO E SUA ESTRUTURA.....	14
<b>2.1.1</b>	<b>Tipos de Cimentos Asfálticos de Petróleo.....</b>	<b>18</b>
2.2	USINAS DE ASFALTO.....	19
<b>2.2.1</b>	<b>Tambor secador.....</b>	<b>25</b>
<b>2.2.2</b>	<b>Caldeira.....</b>	<b>26</b>
<b>2.2.3</b>	<b>Misturas asfálticas.....</b>	<b>27</b>
<b>2.2.4</b>	<b>Combustíveis utilizados.....</b>	<b>28</b>
2.3	MEIO AMBIENTE E IMPACTOS AMBIENTAIS - USINAS DE ASFALTO.....	30
<b>3</b>	<b>ALTERNATIVAS ENERGÉTICAS.....</b>	<b>34</b>
3.1	COBRIR OS AGREGADOS.....	34
3.2	ISOLAMENTO TÉRMICO.....	40
3.3	USO DA ENERGIA SOLAR PARA AQUECIMENTO DO CAP.....	44
<b>4</b>	<b>CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>49</b>
4.1	CONCLUSÃO.....	49
4.2	RECOMENDAÇÕES.....	50
<b>5</b>	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>52</b>



## 1 INTRODUÇÃO

Levando em conta que atualmente, pesquisadores de diversas áreas de conhecimento estudam a redução do consumo de energia em setores industriais, este trabalho de conclusão de curso analisa o funcionamento das Usinas de Asfalto, as quais são as responsáveis pela criação e desenvolvimento do produto final dos pavimentos rodoviários, propondo alternativas mais sustentáveis para a redução do consumo de combustíveis.

A maioria das rodovias pavimentadas no mundo utiliza pavimentos flexíveis em suas estradas. A produção deste tipo de pavimento é realizada através de uma indústria denominada usina de asfalto.

A execução do processo industrial para execução do pavimento flexível asfáltico é realizado com alto consumo de energia, e o presente trabalho de conclusão de curso pretende discriminar os tipos de usinas de asfalto, os tipos de pavimento e apresentar alternativas para a redução do consumo de combustíveis.

### 1.1 JUSTIFICATIVA

Nos últimos anos a preocupação com o meio ambiente tem sido cada vez mais evidente e a realização de processos de fabricação menos agressivos ao mesmo, é um dos objetivos que devem ser observados continuamente pelas indústrias.

### 1.2 OBJETIVOS GERAL E ESPECÍFICOS

Buscar o desenvolvimento e aprimoramento da prática para a produção de pavimentos rodoviários menos emissivos de gases de efeito estufa reduzindo o impacto ambiental.

Espera-se obter com este trabalho de conclusão de curso, os seguintes objetivos específicos:

- Revisão bibliográfica do tema;
- Particularidades de cada usina de asfalto;
- Redução do consumo de combustível;
- Fontes de emissões de gases de efeito estufa;
- Alternativas energéticas para redução do consumo de combustível com redução do impacto ambiental.

### 1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho de conclusão de curso foi elaborado através de consulta a Usinas de Asfalto da região noroeste do Rio Grande do Sul, onde foi elaborado questionamentos as mesmas. Através das respostas foi elaborado o trabalho de conclusão de curso. As Usinas de Asfalto foram denominadas de Usina A e Usina B.

A estrutura será em 5 capítulos, os quais serão descritos da seguinte maneira. O capítulo 01 apresenta a introdução ao tema, abordando o assunto, os objetivos gerais e específicos que se obteve com o desenvolvimento do tema.

O capítulo 02 apresentará a revisão bibliográfica do tema proposto. É definido a história do asfalto e os tipos de materiais utilizados para sua confecção. É abordado sobre usinas de asfalto, seus tipos, estrutura e é dado ênfase aos equipamentos tambor secador e caldeira, equipamentos estes que possuem elevado consumo de combustível.

No capítulo 03 é abordado as alternativas energéticas que podem ser adotadas no processo de fabricação do pavimento asfáltico que reduzem as perdas térmicas com redução do consumo de combustível e acarretam melhorias ao processo.

No capítulo 04 é elaborado a conclusão do presente estudo e são propostas recomendações para trabalhos futuros.

No capítulo 05 há referências utilizadas para o desenvolvimento do trabalho de conclusão de curso e os questionamentos as empresas.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 ASFALTO E SUA ESTRUTURA

O asfalto pode ser considerado um dos mais antigos materiais de construção utilizados pelo homem. Conforme historiadores, a primeira estrada a ser pavimentada com asfalto foi na Babilônia entre 625 e 604 A.C.

A origem da palavra asfalto vem do grego *ásphaltos* ou "betume"; pelo francês *asphalte*, é também considerado como esparramar ou aglutinar.

“O asfalto é um dos mais antigos e versáteis materiais de construção utilizados pelo homem, sendo um material que possui elevada resistência à ação da maioria dos ácidos, álcalis e sais”.(BERNUCCI et al., 2008)

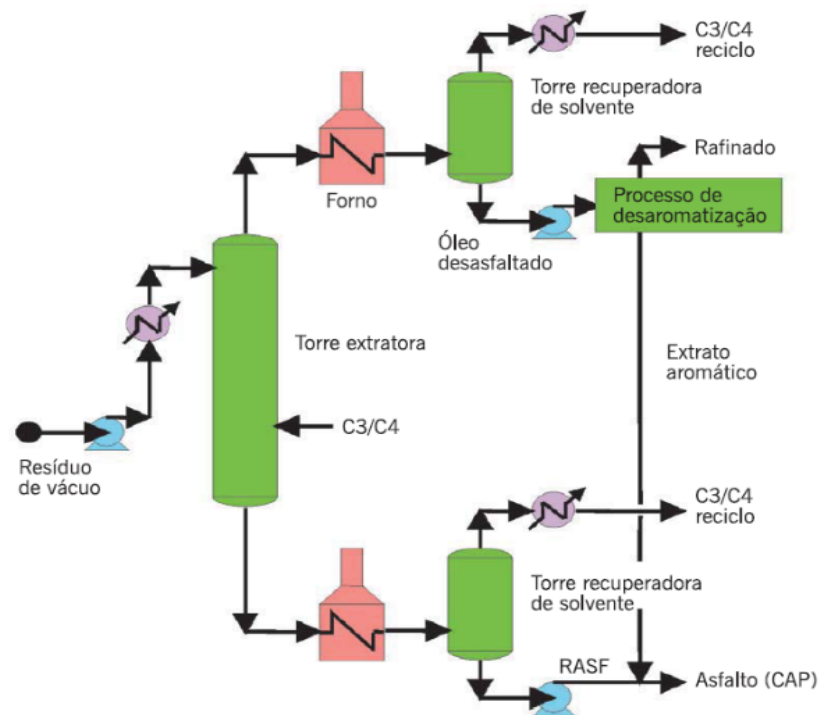
Embora possa ser considerado um sólido ou semi-sólido à temperatura ambiente, o asfalto pode ser prontamente liquefeito, se aquecido em altas temperaturas ou se dissolvido nos solventes de petróleo de diferentes volatilidades. (INSTITUTO DE ASFALTO,1989).

As primeiras pavimentações asfálticas no Brasil foram realizadas nas ruas do Rio de Janeiro em 1908 e empregaram asfalto natural, importado de Trinidad, em barris.(PREGO, 1999).

A infraestrutura predominante no Brasil é o modal rodoviário, sendo responsável por 61% da movimentação de mercadorias e 95% de passageiros (BRASIL, 2019). No caso das rodovias pavimentadas, Bernucci et al. (2008) destaca que aproximadamente 95% são construídas com pavimentos flexíveis.

A figura 1 apresenta o esquema de refino do petróleo para obtenção do asfalto e seus derivados nas refinarias.

Figura 1 - Esquema de refino do petróleo para obtenção do asfalto



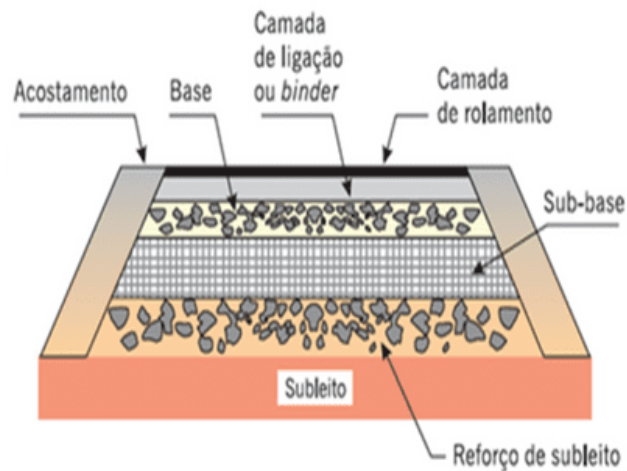
Fonte Bernucci et al. (2008)

O asfalto é assentado em um pavimento rodoviário que pode ser classificado em dois tipos básicos: rígidos, pavimentos de concreto de cimento Portland e flexíveis, os pavimentos asfálticos que utilizam revestimento composto por agregados e ligantes asfálticos. (BERNUCCI et al., 2008).

Cimento Portland é um pó fino, com propriedades ligantes, que é produzido a partir da queima de calcário e argila em um forno, muito utilizado na construção civil.

A figura 2 apresenta a estrutura do pavimento denominado flexível, onde o produto final desta estrutura, camada de rolamento, será executado pela Usina de Asfalto objeto do estudo.

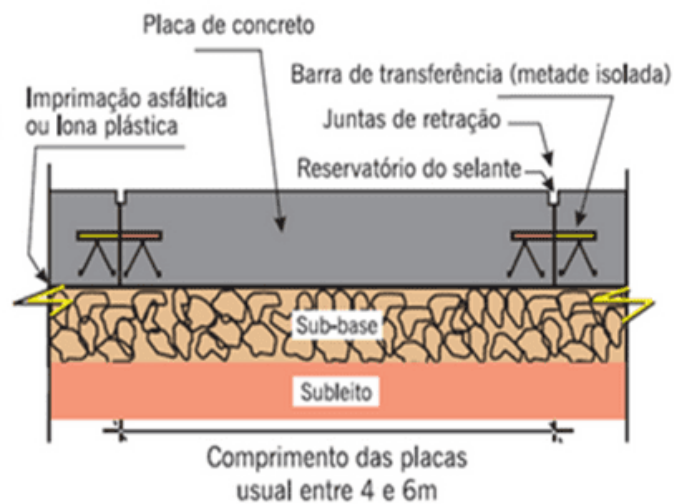
Figura 2 - Estrutura do pavimento flexível



Fonte: Bernucci et al. (2008)

A figura 3 apresenta uma estrutura denominada pavimento rígido, sendo que por possuir produção diferente do pavimento flexível, não será objeto deste estudo.

Figura 3 - Estrutura do pavimento rígido

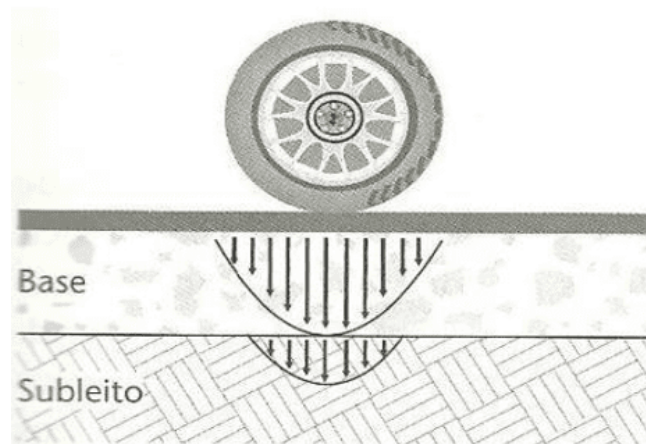


Fonte: Bernucci et al. (2008)

Além da diferença estrutural dos tipos de pavimentos flexível e rígido, outra característica do pavimento é a distribuição de tensões nas camadas subjacentes, conforme demonstrado na figura 4. O pavimento flexível funciona como camada de rolamento, sendo que quem absorve os esforços devido ao tráfego é a fundação.



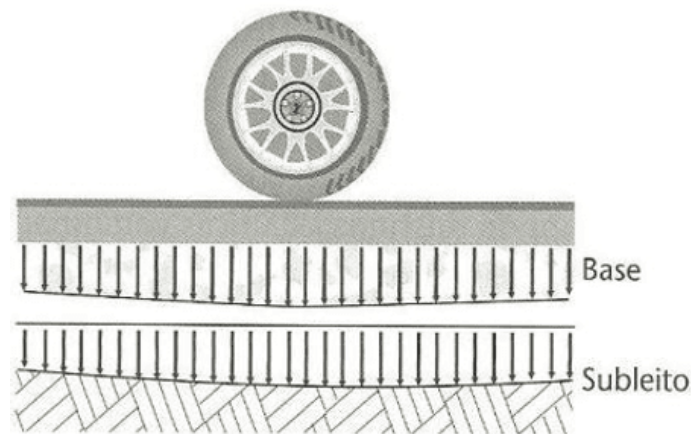
Figura 4 - Pavimento flexível



Fonte: Balbo, 2007

O pavimento rígido a camada de rolamento também funciona como estrutura, redistribuindo os esforços e diminuindo a tensão imposta à fundação, conforme figura 5.

Figura 5 - Pavimento rígido



Fonte: Balbo, 2007

A maioria das estradas pavimentadas pelo mundo são compostas de estrutura flexível. “No Brasil, dos aproximadamente 213.000 km de rodovias pavimentadas, cerca de 96% são constituídas por pavimentos do tipo flexível” (DYNATEST, 2018). Desta forma, este trabalho tem como foco principal a produção dos pavimentos flexíveis.

- Fabricação do pavimento flexível.

A fabricação do pavimento flexível, utiliza o cimento asfáltico sendo que este possui três divisões: Cimento Asfáltico Natural (asfalto natural), Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP) e os de origem do Alcatrão. A seguir será discriminado cada tipo.

O Cimento asfáltico natural é constituído de óleos de petróleo que afloram na superfície terrestre e que pela ação do sol e do vento são destilados naturalmente ocorrendo a evaporação dos gases mais leves.

A figura 6 apresenta uma foto de um depósito de asfalto natural, também denominado *Pitch Lake* localizado em La Brea no sudoeste da ilha de Trinidad.

Figura 6 - Lago de Asfalto natural



Fonte – (BrasilNet, 2022)

Alcatrão é uma designação genérica a um produto que contém hidrocarbonetos, obtido da queima ou destilação destrutiva do carvão ou madeira. Não é mais utilizado em pavimentação devido ao seu poder cancerígeno e pouca homogeneidade e qualidade como ligante (BERNUCCI et al., 2008).

O cimento asfáltico de petróleo (CAP) é o asfalto obtido especialmente para ser utilizado para a construção de pavimentos apresentando as qualidades e consistências próprias para o seu uso. (DNIT, 2006a).

O presente estudo abordará somente a utilização do cimento asfáltico de petróleo - CAP.

### 2.1.1 Tipos de Cimentos Asfálticos de Petróleo

Os ligantes asfálticos (Cimento Asfáltico de Petróleo- CAP) são classificados através dos resultados do ensaio de penetração, por meio de uma agulha padronizada que durante certo tempo, mede-se a penetração em décimos de milímetros, sob condições prefixadas de carga, tempo e temperatura (DNIT-155, 2010).

O DNIT-095 (2006b) classifica os cimentos asfálticos de petróleo em: CAP-30/45, CAP-50/70, CAP-85/100 e CAP-150/200, onde os valores correspondem aos limites inferior e superior de penetração, respectivamente, em décimos de milímetros, da agulha em cada categoria do material.

O CAP, demonstrado na figura 7 deve atender à especificação preconizada pela ANP – Agência Nacional do Petróleo e Biocombustíveis para ser utilizado na pavimentação asfáltica.

Figura 7 - CAP - Cimento asfáltico de petróleo 30/45



Fonte: (NTA, 2022)

## 2.2 USINAS DE ASFALTO

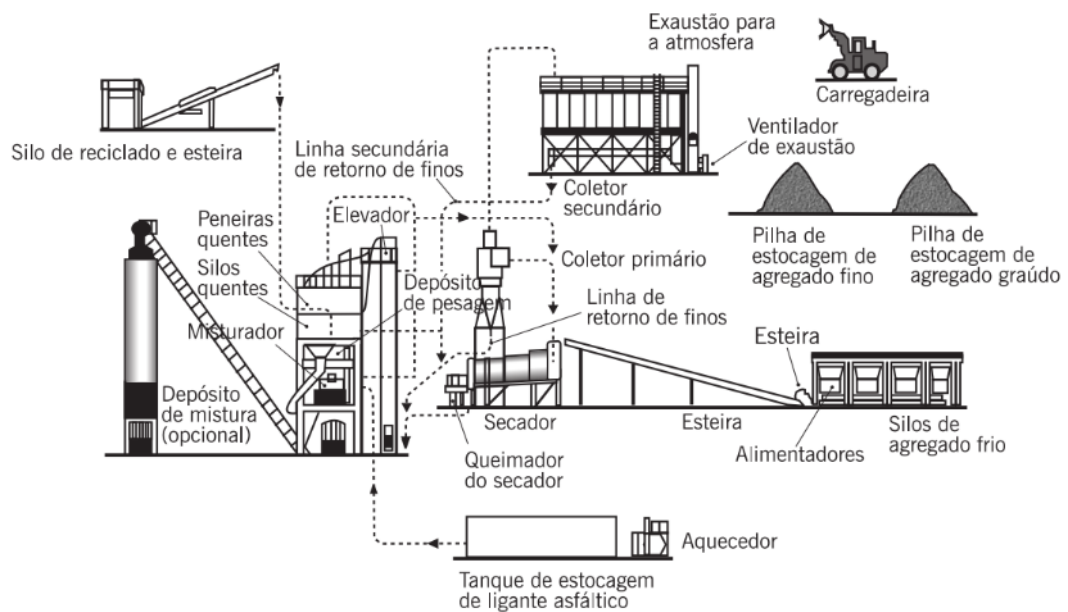
Uma usina de asfalto é um complexo industrial responsável pela execução do produto final do pavimento rodoviário, o qual é denominado como Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ).

Os materiais utilizados para a confecção do produto final do pavimento rodoviário podem ser caracterizados de forma resumida:

- Agregados: Pedra com diversas granulometrias, que são peneiradas conforme o traço estabelecido;
- Traço: Medida utilizada conforme determinado em ensaios e projeto;
- Filler: É um material que preenche os vazios entre os agregados graúdos nas misturas asfálticas.
- Cimento asfáltico de petróleo -CAP: Material aglutinante que deve ser aquecido a altas temperaturas para ser misturado com os agregados.

As usinas de asfalto possuem dois tipos principais, sendo as usinas gravimétricas, por batelada ou *batch-mixer* (Figura 8) e as volumétricas, contínuas ou *drum-mixer* (Figura 9).

Figura 8 - Usina gravimétrica ou batch-mixer



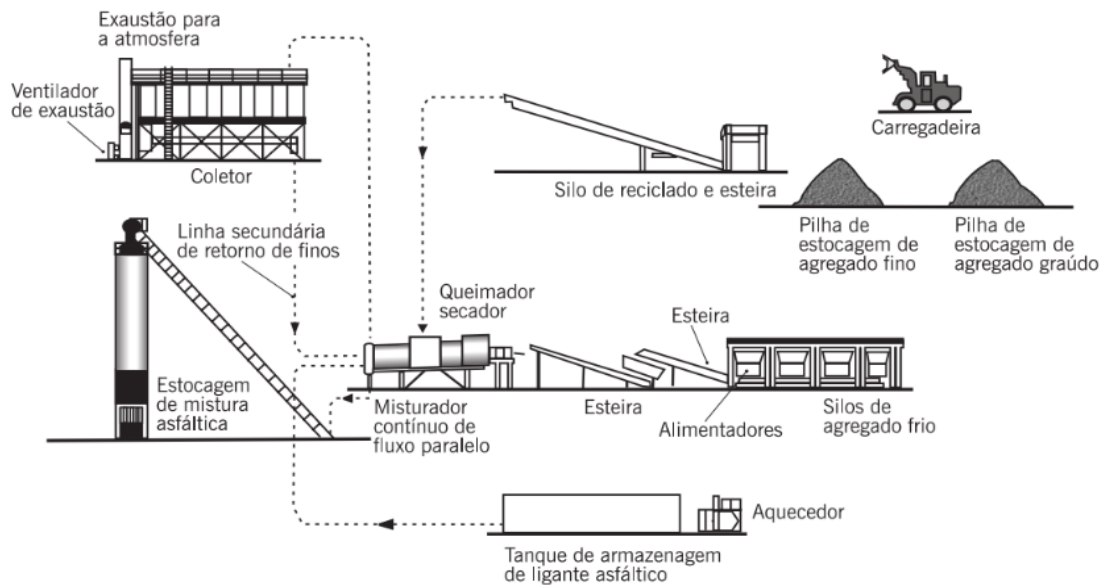
Fonte: (Bernucci, L. B, 2008)

Nas usinas gravimétricas, o processo de fabricação do pavimento asfáltico inicia-se com o agregado proveniente das pilhas de estocagens, sendo encaminhado a torre onde são peneirados conforme sua granulometria. Após o material é encaminhado ao tambor secador para que seja reduzida a umidade do material através de altas temperaturas.

Após os agregados serem aquecidos e reduzida a umidade estabelecida, são transferidos para um misturador onde o ligante asfáltico líquido (CAP) em temperatura adequada é injetado.

Este tipo de usina exige maior dimensão do equipamento, em função da torre de peneiramento, o que resulta em pouca mobilidade.

Figura 9 - Usina volumétrica ou drum-mixer



Fonte: (Bernucci, L. B, 2008)

O processo de fabricação do pavimento asfáltico na usina volumétrica é semelhante ao da usina gravimétrica. Uma das diferenças é que nas usinas volumétricas ocorre pesagem dinâmica dos agregados, através das diferentes velocidades das correias de cada material utilizado.

As usinas volumétricas podem possuir problema de contaminação entre os silos no processo de abastecimento do agregado, das pilhas de estocagem, conforme figura 10. O material de um silo acaba entrando no silo ao lado, e assim ocorre uma contaminação que pode gerar uma falha na granulometria da mistura asfáltica produzida.

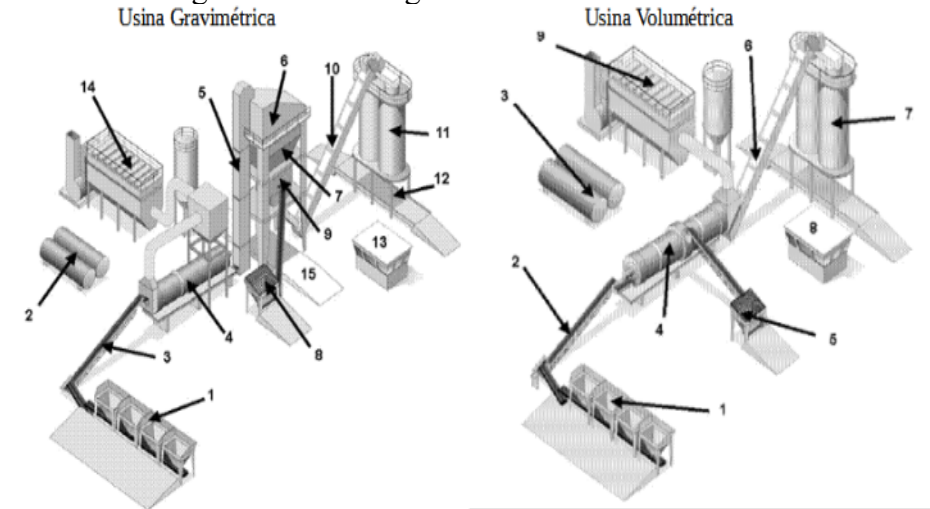
Figura 10 - Abastecimento do processo em usinas volumétricas



Fonte: (Asfalto de qualidade, 2019)

As figuras abaixo apresentam a diferença entre os equipamentos das usinas gravimétricas e volumétricas (figura 11).

Figura 11 - Usina gravimétricas e Volumétricas



<i>Usina gravimétrica</i>	<i>Usina volumétrica</i>
1. Silos frios	1. Silos frios
2. Depósito de ligante asfáltico	2. Correia alimentadora
3. Correia alimentadora	3. Depósito de ligante asfáltico
4. Secador / aquecedor	4. Tambor secador, aquecedor e misturador
5. Elevador quente	5. Alimentador de reciclado e posterior entrada de ligante
6. Peneirador / separador	6. Correia transportadora
7. Silos quentes de agregados	7. Silos quentes
8. Alimentador de reciclado	8. Sala de controle
9. Entrada de ligante e misturador	9. Sistema de controle e filtragem de gases e pó
10. Correia transportadora	
11. Silos quentes da mistura	
12. Área de carregamento do estoque	
13. Sala de controle	
14. Sistema de controle e filtragem de gases e pó	
15. Área de carregamento direto	

Fonte: Adaptado Baseado em Bernucci et al., 2008)



A figura 12 apresenta uma imagem da usina gravimétrica.

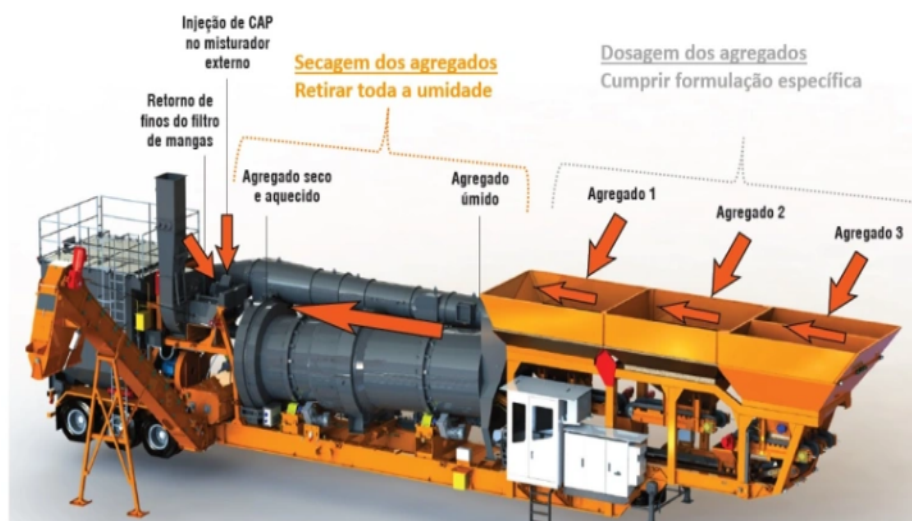
Figura 12 - Exemplo de uma usina asfáltica por batelada ou gravimétrica



Fonte: (Bernucci, L. B)

A figura 13 apresenta uma imagem da Usina Volumétrica montada sobre o chassi de veículo tracionado e detalhando como é a sequência do processo de fabricação do pavimento asfáltico.

Figura 13 - Exemplo de uma usina asfáltica contínua detalhada



Fonte: Civilização Engenharia, 2018

No processo de fabricação do pavimento asfáltico o maior consumo de combustíveis e energia e onde há maior incidência de emissões de poluentes é nos processos que envolvem o tambor secador e a caldeira.

Nesse sentido, o presente trabalho de conclusão de curso analisará os referidos equipamentos a seguir.

### 2.2.1 Tambor secador

O tambor secador possui como finalidade a secagem do agregado provenientes dos estoques até a umidade adequada para ser, após seco, encaminhado ao misturador.

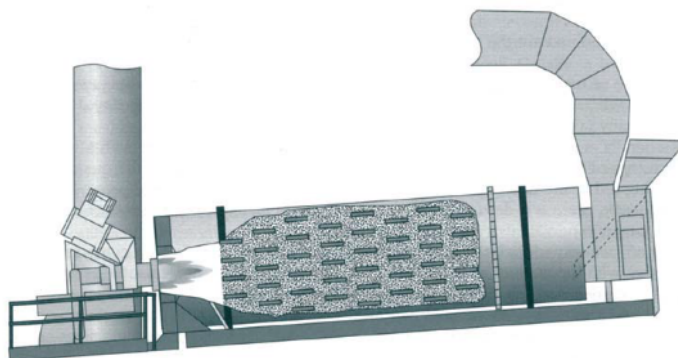
Este equipamento possui formato cilíndrico e comprimentos diversos, dependendo do fabricante. Possui em sua composição uma câmara com um queimador de combustível e em seu interior tipos de pás que farão a mistura do agregado ajudando na secagem e aquecimento.

A temperatura de operação nos tambores secadores varia entre 250°C a 300°C (NPI, 1999).

Conforme Bernucci et al., (2008) quanto a disposição de funcionamento os tambores possuem dois tipos básicos: tambores de contra fluxo e os de fluxo paralelo.

Nos tambores de contra fluxo (Figura 14) o agregado é introduzido através de um sistema de alimentação a frio antes de entrar na câmara de secagem. O movimento do agregado é em sentido oposto/contrário ao fluxo dos gases de escape (NPI, 1999).

Figura 14 - Tambor secador de contra fluxo

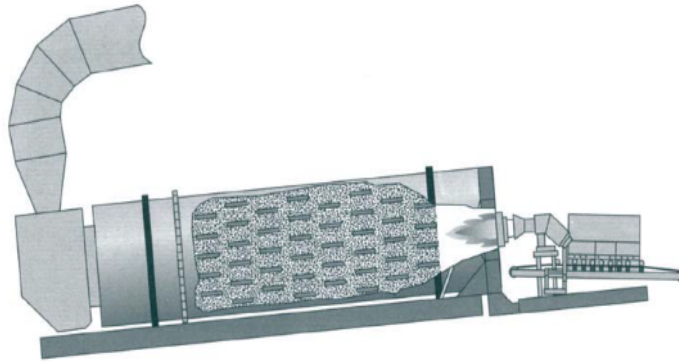


Fonte: BERNUCCI et al., 2008

Nos tambores de fluxo paralelo (figura 15), o ar e o agregado movimentam-se no mesmo sentido, onde o agregado é colocado no mesmo lado no queimador.



Figura 15 - Tambor secador de fluxo paralelo



Fonte: BERNUCCI et al., 2008

### 2.2.2 Caldeira

A caldeira é responsável pelo aquecimento e por manter o CAP – cimento asfáltico de petróleo em temperatura adequada para o uso.

O processo de aquecimento do CAP é realizado da seguinte maneira: a caldeira aquece as serpentinas que possuem óleo térmico. Este fluido aquece o CAP que se encontra dentro do tanque de armazenamento.

A figura 16 apresenta um modelo de queimador com bomba de engrenagem e ar comprimido que utiliza como combustível o diesel, óleo pesado e etanol.

Figura 16 - Modelo de queimador



Fonte: Marini, 2020

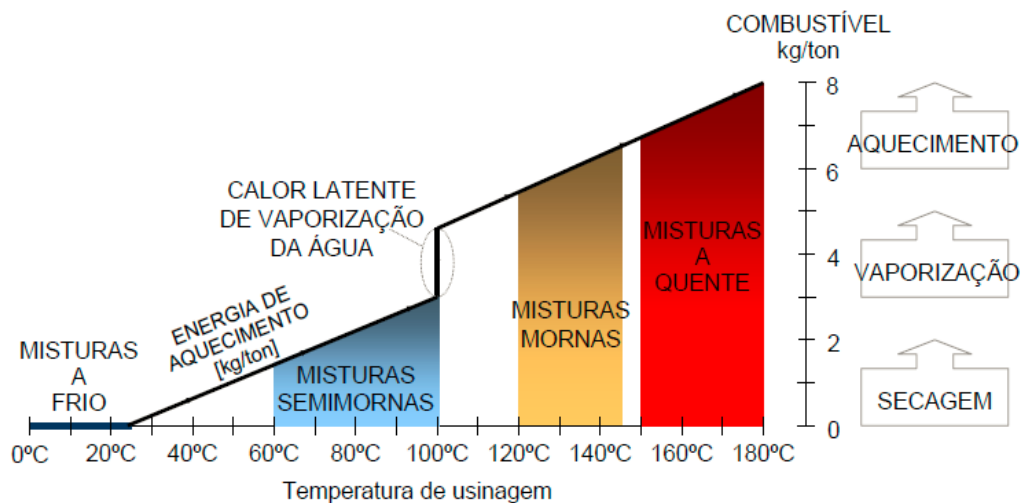
### 2.2.3 Misturas asfálticas

As misturas asfálticas a quente são compostas em geral, por agregados minerais, Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP) e material de enchimento como filler. Adicionalmente podem ser utilizados agregados reciclados provenientes de fresagem de revestimentos existentes. (BERNUCCI et al., 2008); (DNIT-033, 2021).

De acordo com Motta (2011), as misturas asfálticas podem ser classificadas quanto à temperatura de usinagem, sendo 0°C a 20°C as misturas frias, 60°C a 100°C as misturas semimornas, de 120°C a 145°C as misturas mornas e de 150°C a 180°C as misturas quentes.

Conforme o (DNIT-31, 2006) a temperatura do CAP empregado na mistura asfáltica não deve ser inferior a 107°C ou exceder 177°C, enquanto que os agregados devem ser aquecidos a temperaturas de 10°C a 15°C acima da temperatura do ligante asfáltico sem ultrapassar 177°C conforme mostra na figura 17.

Figura 17 - Temperatura de Usinagem e consumo de combustível



Fonte: Candido, Jefferson(2021)] e Motta (2011).

O transporte do material CAP até a Usina de Asfalto é considerado um fator importante para o desenvolvimento do produto final, caso o cimento asfáltico de petróleo (CAP) seja entregue na usina com temperatura abaixo da adequada, haverá custos por parte da usina de asfalto para aquecer este material.

A resolução (19, DE 11 DE JULHO DE 2005 -ANP) estabelece em seu artigo 4º as temperaturas de utilização do CAP.

Art. 4º Os produtores, importadores e distribuidores de cimento asfáltico de petróleo (CAP) devem assegurar que:

- A temperatura do produto não ultrapasse 177°C, durante o manuseio e o transporte;
- A temperatura do produto não deverá ser inferior a 140°C durante o carregamento e,
- O produto não apresente espuma quando aquecido até 177°C, durante o carregamento e o recebimento, para avaliação de contaminação pela presença de água.

A temperatura de estocagem deste material deve estar adequada para o andamento dos serviços das usinas de asfalto, pois na execução do pavimento asfáltico, o ligante deve estar a uma temperatura ideal para o correto envolvimento deste material com os agregados.

O presente trabalho de conclusão de curso analisará o processo envolvendo misturas asfálticas quentes de 150°C a 180°C.

#### 2.2.4 Combustíveis utilizados.

O presente trabalho de conclusão de curso analisou as usinas de asfalto da região noroeste do estado do Rio Grande do Sul, onde foi elaborado questionamentos as mesmas que basearam a execução do presente trabalho.

Conforme a consulta, os combustíveis utilizados na época do presente estudo são: Diesel, GNV (gás natural veicular), e BTE (baixo teor de enxofre).

Segue breve explicação sobre os determinados tipos de combustíveis.

- Óleo Diesel

O óleo diesel é considerado um combustível de aspecto oleoso o que é obtido pela destilação fracionada do petróleo. Seu teor de enxofre é de 500 ppm máx. A composição deste material é formado basicamente por átomos de carbono e hidrogênio (hidrocarbonetos), e possui baixas concentrações de enxofre, nitrogênio e Oxigênio (MUNDO EDUCAÇÃO, 2022)

Os tipos de óleo diesel, conforme a Agência Nacional de Petróleo (ANP), a partir da (Resolução nº 65 de 2011), são classificados em dois tipos que são comercializados para veículos, sendo Diesel tipo A, proveniente de processos de refino de petróleo sem adição de biodiesel, e do tipo B, que possui a diferença de acrescentar o biodiesel.

- Óleo BTE (baixo teor de enxofre)

Os óleos combustíveis denominados BTE – Baixo Teor de Enxofre, que apresentam um teor de enxofre menor (em massa 0,5%), são empregados pela indústria, sobretudo, quando precisa-se assegurar um baixo teor de enxofre na produção. É um óleo residual obtido através do refino do petróleo. Possui característica de ser um líquido viscoso de cor escura. (ENERGIA BRASIL, 2022)

Uma das vantagens do combustível é a sua boa fluidez em temperatura ambiente, possuindo baixa emissão de fuligem, baixo teor de enxofre e nenhuma sedimentação de pesados.(BRASKEM, 2021)

- GLP (gás Liquefeito de petróleo)

O Gás Liquefeito de Petróleo (gás GLP ou simplesmente GLP), é um gás formado majoritariamente pelos gases de propano e butano, sendo obtido do gás natural das reservas do subsolo, ou por meio do processo de refino do petróleo cru nas refinarias.

A tabela 1 apresenta características dos combustíveis utilizados na época de elaboração deste trabalho de conclusão de curso, dezembro de 2021 a fevereiro de 2022, e em que equipamentos são utilizados.

Tabela 1 - Combustíveis utilizados na caldeira e tambor secador

<b>Equipamento</b>	<b>Combustível</b>	<b>Poder Calorífico Inferior (kcal/kg)</b>	<b>Ponto de Fulgor</b>	<b>Nível de poluição*</b>	<b>Custo Unitário (R\$/kg)**</b>
CALDEIRA	DIESEL	10100	38°C	Médio	R\$ 4,68
	GLP	11200	-70°C	Baixo	R\$ 6,80
SECADOR	BTE	9200	68°C	Alto	R\$ 4,71
	DIESEL	10100	38° C	Médio	R\$ 4,68
	GLP	11200	-70°C	Baixo	R\$ 6,80

Fonte: Autor – Dados Usinas de Asfalto A e B

\*Comparando os três combustíveis.

\*\*Período consulta dezembro de 2021 a fevereiro 2022.

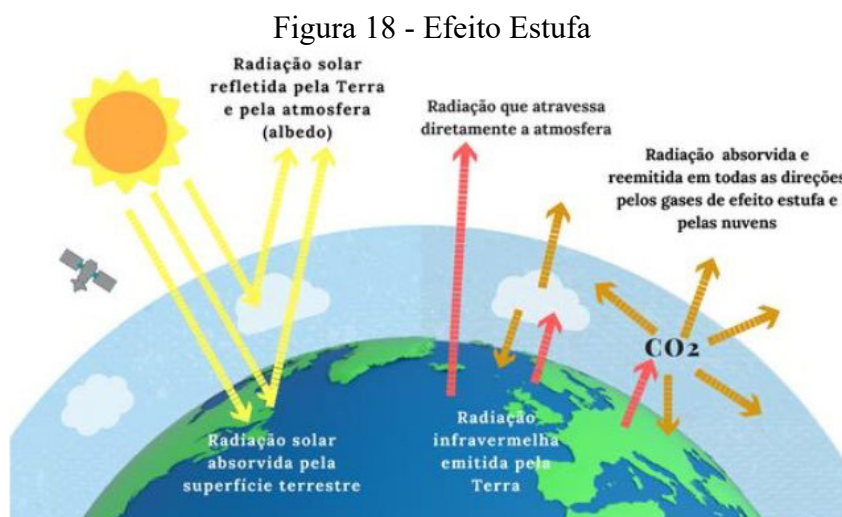
### 2.3 MEIO AMBIENTE E IMPACTOS AMBIENTAIS - USINAS DE ASFALTO

Hoje, com a questão ambiental em maior foco, o ato de monitorar as alterações climáticas concomitantemente aos níveis de emissões de Gases de Efeito Estufa – GEE pelas distintas atividades humanas, tornou-se fundamental para minimizar o impacto ambiental.

O efeito estufa é um fenômeno considerado natural que existe na superfície terrestre. Ele é responsável por manter as temperaturas médias globais evitando que haja aumento significativo da temperatura terrestre, possibilitando assim o desenvolvimento dos seres vivos (BRASIL ESCOLA, 2022).

O aumento das atividades do homem, principalmente ligadas a industrialização, acarretou uma maior emissão de gases do efeito estufa (SUGUIO, 2008).

A Figura 18 apresenta o esquema do efeito estufa. O aumento da concentração dos gases e a quantidade de radiação absorvida por estes, gera o aquecimento da superfície terrestre e da atmosfera.



Fonte: JUNGES et al. (2018) [20].

Segundo o Manual de Pavimentação (DNIT-719, 2006) os principais impactos relacionados a uma usina de asfalto do tipo CBUQ (Concreto Betuminoso Usinado a Quente) são as emissões de gases e material particulado, ruídos e vibrações, alteração da paisagem e conflito de uso do solo local.

São consideradas medidas mitigadoras nas usinas de asfalto a implantação de sistemas de tratamento de emissões e avaliação ambiental dos locais de reabilitação das áreas degradadas.

Conforme a Norma 070/2006 (DNIT, 2006) em operação da usina as fontes poluidoras a quente englobam:

- Estocagem, dosagem, peneiramento e transporte de agregados frios;
- Transporte, peneiramento, estocagem e pesagem de agregados quentes;
- Transporte e estocagem de filler; e
- Transporte, estocagem e aquecimento de óleo combustível e cimento asfáltico.

Conforme tabela 2 os agentes e as fontes poluidoras estabelecidos na norma (DNIT-070, 2006) são as elencadas abaixo.

Tabela 2 - Agentes e fontes poluidoras

<b>Agente poluidor</b>	<b>Fontes poluidoras</b>
Material Particulado (emissões particuladas)	Secador rotativo (forno secador), peneiramento, transferência e manuseio de agregados, balança, pilhas de estocagem, tráfego de veículos e vias de acesso.
Gases (emissões Gasosas)	Combustão do óleo: óxido de enxofre, óxido de nitrogênio, monóxido de carbono e hidrocarbonetos; Misturador de asfalto: hidrocarbonetos; Aquecimento de cimento asfáltico: hidrocarbonetos;
Emissões fugitivas*	As principais fontes são pilhas de estocagem ao ar livre, carregamento dos silos frios, vias de tráfego, área de peneiramento, pesagem e mistura.

\*São quaisquer lançamentos ao ambiente, sem passar primeiro por alguma chaminé ou duto projetado para corrigir ou controlar seu fluxo.

Fonte: Modificado da NORMA DNIT 070/2006 – PRO (DNIT-070, 2006).

As fontes de emissões associadas à produção de misturas asfálticas a quente têm seu ponto de maior emissão nos equipamentos secadores e misturadores, uma vez que para secar e aquecer os agregados e ligantes asfálticos, requer-se altas temperaturas sendo que estas são conseguidas com uso de combustíveis, em sua maioria fósseis.

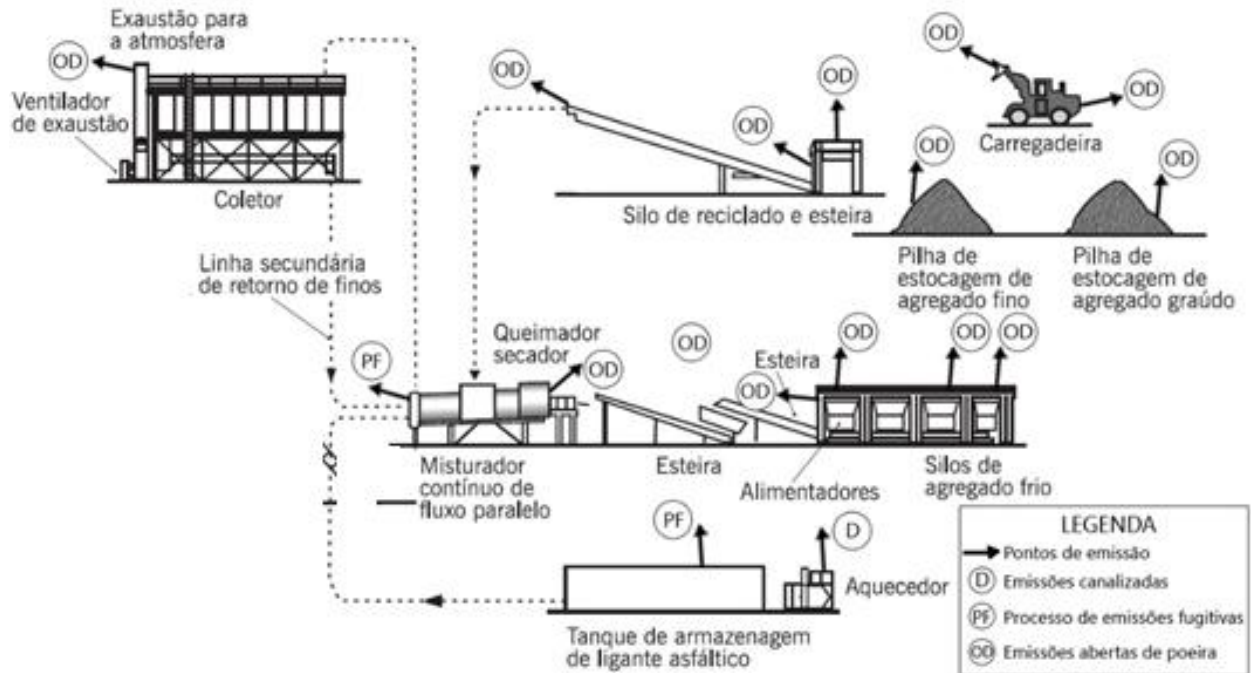
Tanto (Bernucci et al. 2008) como (KECHES E LEBLANC, 2007) destacam que embora a produção de misturas asfálticas não representam periculosidade aos seres humanos, são potenciais emissoras, em especial, de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos, óxidos nitrosos (NO<sub>x</sub>) e alguns metais, sendo estas danosas ao meio ambiente.

As usinas de asfalto possuem emissões que podem ser consideradas pontuais, fugitivas e decorrentes do processo industrial. Segue explicação sobre cada uma delas:

- Pontuais, são fontes de emissão que possuem o controle através de exaustores até a liberação para atmosfera. Estes tipos de emissões estão relacionados aos equipamentos denominados secador dos agregados, caldeira de aquecimento do CAP e os misturadores.
- Fugitivas, são as emissões emitidas à atmosfera sem qualquer forma de controle, estas emissões estão vinculadas ao recebimento, transporte e manuseio dos materiais agregados;
- Decorrentes da produção do pavimento asfáltico associado ao movimento dos equipamentos.

As figuras 19 e 20 apresentam as principais fontes poluidoras diretas e indiretas nas usinas de asfalto volumétricas e gravimétricas.

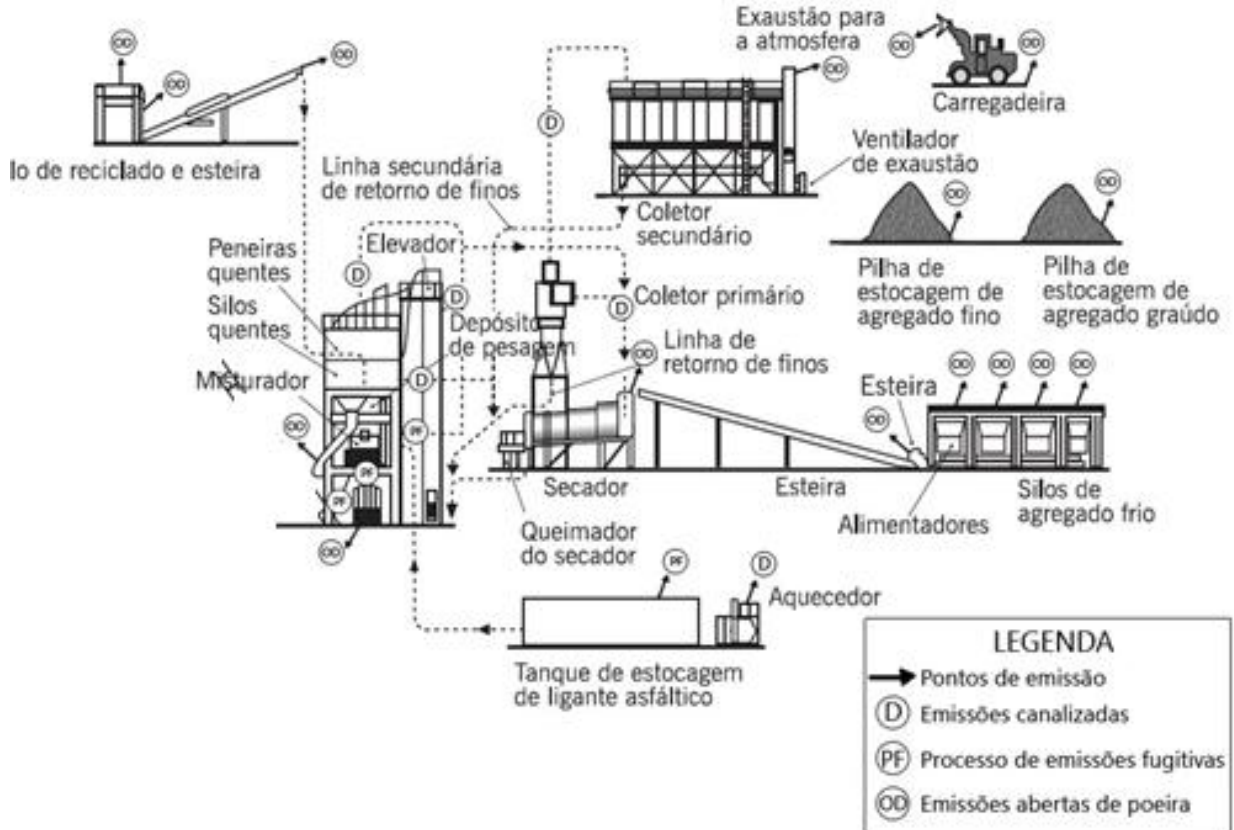
Figura 19 - Fontes de emissões em uma usina volumétrica



Fonte: CANDIDO, Jefferson 2021



Figura 20 - Fontes de emissões em uma usina gravimétrica



Fonte:(Baseado em EPA, 2000)( CANDIDO, Jefferson 2020).

### 3 ALTERNATIVAS ENERGÉTICAS

O presente estudo foi baseado da seguinte maneira: nas respostas dos questionários elaboradas as Usinas de Asfalto; em consulta a bibliografia existente; em consulta a profissionais da área; e em vistoria nas Usinas da região. Os dados coletados estão elencados nos tópicos a seguir.

O autor deste estudo trabalha no Departamento Nacional de Infraestrutura em Transportes e ao longo dos anos, ao vistoriar as usinas de asfalto, constatou a necessidade de estudo sobre a avaliação da perda térmica no processo de fabricação do Concreto Betuminoso Usinado a Quente -CBUQ.

Desta forma, serão abordadas alternativas energéticas que podem ser executadas nas usinas de asfalto para a melhora no processo térmico, com redução do consumo de combustível e consequente diminuição das emissões de gases de efeito estufa.

#### 3.1 COBRIR OS AGREGADOS

A usina de asfalto utiliza diversos materiais para a execução do produto final, sendo principalmente os agregados pétreos (brita 3/4, pó de brita, pedrisco, etc). O armazenamento destes materiais protegidos contra intempéries por estrutura auxilia na redução do nível de umidade do material.

Conforme (DNIT-412, 2019 ME) a mistura asfáltica é composta por agregados de diferentes tamanhos em proporções convenientemente definidos com teor de cimento asfáltico que atenda aos requisitos de desempenho previstos, nos seus vários aspectos.

- Umidade do agregado.

A porcentagem de umidade dos agregados, varia de região para região, e são influenciadas pela mineralogia da rocha e pelas condições climáticas do local.

Os agregados que são utilizados nas usinas de asfalto, quando adquiridos da pedreira possuem em média de 1% a 6 % de umidade. Esta umidade está atrelada ao fato de que no processo de demolição e peneiramento da pedra, por questões ambientais, na britagem deve

realizar a umidificação do material para evitar a suspensão de material particulado ao meio ambiente, e também pela umidade retida da precipitação pluviométrica, bem como da umidade do ar.

Quanto maior a taxa de absorção do material agregado, maior é a umidade retida no mesmo, em consequência, maior é o tempo de permanência no tambor secador, diminuindo a produção da usina e elevando o consumo de combustível por tonelada produzida.

Este aumento de consumo de combustível acarreta diretamente o aumento das emissões de gases de efeito estufa. O custo de consumo de combustível para secar um agregado no equipamento tambor secador depende de vários fatores, como nível de absorção de umidade do agregado, temperatura ambiente, combustível utilizado, tipo de equipamento, etc.

Considerando a variedade de tipos de agregados utilizados nas usinas, e que não foram encontrados dados técnicos sobre os custos para secar o agregado, o presente trabalho de conclusão de curso analisou as respostas das Usinas A e B sobre esta situação, e caracterizou o seguinte entendimento:

A Usina A informou que o cálculo para secar o material agregado é de difícil exatidão, pois o nível de absorção do material é relativo e há muitos fatores a serem observados. Para uma análise mais precisa o ideal é verificar a umidade do material em laboratório, realizar a secagem do mesmo, e após verificar o quanto de umidade foi removido. Após este processo verificar o tempo/consumo para secar o material.

Já a Usina B informou que o custo para secar o agregado, depende também de diversos fatores, contudo pode-se considerar que, em média, o consumo de combustível para cada 0,50% de umidade a mais no material, aumenta 1,00 kg/ton.

Tendo em vista as informações prestadas pode-se considerar de forma hipotética, que em uma produção de 50 toneladas por hora, com o agregado possuindo umidade de 2,5 %, o consumo médio de combustível no tambor secador para os combustíveis BTE, GLP e DIESEL é apresentado na tabela 3.

Tabela 3: Média de consumo de combustível

<b>Produção ton/hora</b>	<b>Umidade do material agregado</b>	<b>Combustível</b>	<b>Consumo médio (kg/ton)</b>	<b>Consumo por produção (kg/hora)</b>
50	2,5%	BTE	5	250
		GLP	5	250
		DIESEL	7	350

Fonte: Autor

Tendo em vista a análise das tabelas e as respostas das Usinas de Asfalto consultadas, ainda considerando que a umidade do material agregado depende de diversos fatores, este trabalho considerou uma situação hipotética sobre a umidade do material em relação ao seu consumo.

A referida situação hipotética é apresentada da seguinte maneira:

- O material agregado com 2,5% de umidade, que estaria coberto por uma estrutura.
- O material com 4,5% de umidade sem cobertura.

Com base nestes dados foram apresentadas as tabelas 4 e 5 as quais serão discriminadas abaixo.

A tabela 4 analisa uma situação, conforme dados fornecidos pelas usinas de asfalto, sobre o consumo no tambor secador com os combustíveis BTE (baixo teor de enxofre), GLP(Gás liquefeito de petróleo) e Diesel com produção de 50 toneladas por hora, tendo em vista uma umidade de 2,5%.

O consumo de combustível tem como base o período de elaboração deste trabalho de conclusão de curso, sendo dezembro de 2021 a fevereiro de 2022. Os custos de aquisição do material foram consultados diretamente nas usinas da região Sul e através de pesquisa em sites.

Tabela 4 - Custo de combustível no tambor secador com 2,5% de umidade no agregado.

Equipamento	Combustível	Poder Calorífico Inferior (kcal/kg)	Umidade do material em 2,5 %			Produção 50 ton/hora
			Consumo (kg/ton)	Custo de aquisição (R\$/kg)	Custo por tonelada de CBUQ (R\$/ton)	
SECADOR	BTE	9200	5	4,71	23,55	R\$ 1.177,50
	GLP	11200	5	6,8	34	R\$ 1.700,00
	DIESEL	10100	7	4,68	32,76	R\$ 1.638,00

Fonte: Autor

Conforme análise na tabela 4 o consumo de combustível para secar o agregado em uma produção de 50 toneladas de Concreto Betuminoso Usinado a Quente – CBUQ é em média R\$ 1.177,50 com o combustível BTE, R\$ 1.700,00 com o GLP e R\$ 1.638,00 com Diesel.

Considerando a mesma hipótese de produção de 50 toneladas de material, e tendo em vista a ideia do aumento da umidade do agregado, a tabela 5 apresenta o consumo médio de combustível quando este encontra-se com umidade de 4,5%.

Tabela 5 - Custo de combustível no tambor secador com 4,5% de umidade no agregado.

Equipamento	Combustível	Poder Calorífico Inferior (kcal/kg)	Umidade do material em 4,5 %			Produção 50 ton/hora
			Consumo (kg/ton)	Custo de aquisição (R\$/kg)	Custo por tonelada de CBUQ (R\$/ton)	
SECADOR	BTE	9200	9	4,71	42,39	R\$ 2.119,50
	GLP	11200	9	6,8	61,2	R\$ 3.060,00
	DIESEL	10100	11	4,68	51,48	R\$ 2.574,00

Fonte: Autor

As tabelas 5 demonstra o aumento do consumo de combustível decorrente do aumento da umidade no material agregado. O aumento do consumo está atrelado diretamente a umidade do material. Quanto maior a umidade, maior o custo de produção, em consequência, maior a taxa de emissão de gases de efeito estufa.

Analisando somente o combustível Diesel, por exemplo, o aumento em valores para secar 50 toneladas de material produzido é de R\$ 936,00.

A tabela 6 apresenta o aumento em porcentagem do consumo de combustível quando o material está com umidade que varia de 2,5% a 4,5 %. Com base nos dados, o aumento dos

combustíveis BTE e GLP, com esta variação da umidade do material, chega a 55,56 % e para o combustível Diesel este aumento pode chegar a 63,64%.

Tabela 6 - Aumento em porcentagem no consumo -2,5% a 4,5%.

Equipamento	Combustível	Aumento em porcentagem de consumo de combustível.
SECADOR	BTE	55,56 %
	GLP	55,56 %
	DIESEL	63,64 %

Fonte: Autor

Constata-se com a análise dos dados que há claro aumento de consumo de combustível considerando o aumento da umidade do material. Este aumento acarreta diretamente nos custos para produção.

A produção da usina de asfalto esta atrelada a capacidade dos seus equipamentos e a sua execução na rodovia, ou seja, o quanto a equipe que trabalha no pavimento rodoviário consegue executar de serviço.

Considerando este entendimento a tabela 7 apresenta uma situação hipotética de uma Usina de Asfalto que produz 50 toneladas de CBUQ durante 6 horas ao longo o ano, sendo que esta tabela analisa a energia térmica necessária para a redução do nível de umidade do material até a ideal, considerando que o agregado encontra-se entre 2,5 a 4,5 % de umidade.

Tabela 7 - Energia térmica

Umidade do material agregado	Consumo (kg/ton)	Produção (ton)	Média de Horas dia	Média de dias uteis ano	Combustível	Poder Calorífico Inferior (kcal/kg)	Gj
2,50%	5	50	6	260	BTE	9800	15.991,25
4,50%	9	50	6	260	BTE	9800	28.782,25
2,50%	5	50	6	260	GLP	11200	18.275,71
4,50%	9	50	6	260	GLP	11200	32.896,29
2,50%	7	50	6	260	DIESEL	10100	23.073,09
4,50%	11	50	6	260	DIESEL	10100	36.257,71

Fonte: Autor

Logo, a tabela 7 apresenta um considerável aumento de energia térmica para a secagem do material, tendo em vista a variação da sua umidade. Analisando os dados do combustível GLP, em um ano de trabalho tendo o material 2,5% de umidade a energia térmica

necessária para secagem é de 18.275,71 Gj e tendo em vista o aumento em 2%, a energia necessária é de 32.896,29 Gj.

Com base nesta análise pode se considerar que há grande desperdício de energia térmica na secagem do agregado.

Tendo em vista os dados analisados a solução proposta para reduzir o consumo de combustível é: cobrir o agregado com estrutura física e com desnível no solo, para reduzir o acúmulo de umidade no material.

Nesse sentido, é apresentado um tipo de cobertura que pode ser adotado pela empresa sobre o material agregado e um tipo de cobertura que pode ser utilizado sobre a correia transportadora do material.

A figura 21, apresenta um exemplo de depósito de agregados coberto conforme (DNIT-747, 2018).

Figura 21 - Exemplo de depósito de agregados coberto



Fonte: (DNIT -747, 2018)

Já a figura 22 apresenta um exemplo de correia transportadora de agregados coberta.

Figura 22 - Exemplo de correia transportadora de agregados coberta



Fonte: (DNIT -747, 2018)

A execução destes tipos de cobertura minimizará o consumo de combustível pela Usina de Asfalto, e em consequência, resultará na redução das emissões de gases de efeito estufa decorrente deste processo.

### 3.2 ISOLAMENTO TÉRMICO

Devido aos altos custos com combustível para garantir a temperatura no processo das usinas de asfalto, a perda de energia térmica deve ser evitada ou minimizada, pois esta está atrelada diretamente ao custo de operação do processo fabril.

Nas usinas de asfalto, os tanques de armazenamento de CAP e as linhas que levam este material ao misturador, possuem isolamentos que reduzem a perda térmica do processo. Em análise, verificou-se que a maioria dos isolamentos térmicos utilizam a lã de rocha.

Tendo em vista consulta nas usinas de asfalto A e B sobre qual vazão necessária para aquecer o tanque de CAP da temperatura ambiente até a temperatura de operação, estas informaram o que segue:

A Usina A informou que o consumo específico com o combustível Diesel, é em média no verão aproximado 35 l/h e no inverno esse consumo pode chegar a 60 l/h. O período de consulta deste trabalho de conclusão de curso foi em meados de Dezembro de 2021 a janeiro de 2022, logo a análise será em relação ao período do verão, 35 litros por hora em média.



A Usina B informou que a média de consumo de combustível é em torno de 40 litros por hora.

Ainda, temos que considerar que o consumo de combustível depende de diversos fatores, como a umidade do ambiente, a temperatura, o tipo de usina de asfalto, o tipo de queimador utilizado, entre outros.

Conforme dados das Usinas, e considerando uma situação hipotética para aquecimento do CAP de temperatura de ambiente a 150 °C, a quantidade de tempo e combustível informados são estabelecidos na tabela 8.

Tabela 8: Consumo de combustível para aquecer o tanque de CAP

<b>Usina</b>	<b>Temperatura aquecimento</b>	<b>Capacidade Tanque (Toneladas)</b>	<b>Tempo necessário (Horas)</b>	<b>Consumo por litro</b>	<b>Consumo de combustível (Litros)</b>
A	25°C a 150°C	40	72	35	2880
B		100	40	40	1600
Média dos Valores		70	56	37,5	2100

Fonte: Autor – Dados Usinas A e B

Logo, conforme tabela 8 a média de consumo de combustível, no período do verão, é de 37,5 litros por hora, com o tempo de aquecimento de 56 horas com o consumo de 2100 litros de combustível Diesel, para aquecimento de tanque de 70 toneladas.

O CAP após aquecido perde energia térmica. Esta perda térmica ocorre no tanque de armazenamento e na linha de transmissão ao misturador.

Com base neste entendimento, são adotadas ideias para minimizar as perdas térmicas no processo, sendo:

- Isolamento nas linhas de transmissão.

Nas Usinas de Asfalto consultadas o tipo de isolamento térmico existente é o executado em lã de rocha. Como base nessa ideia, foi consultado propostas para melhoria no processo, sendo que um exemplo de redução de perda térmica, é o que a “Companhia Urbanizadora da Nova Capital do Brasil (Novacap)” implementou em sua Usina de Asfalto, utilizando um isolamento térmico sobre as tubulações do CAP no trajeto do tanque ao misturador.

O revestimento térmico utilizado foi a areia rosa saibrosa, material este que a usina possuía em sua área conforme figura 23.

Figura 23 - Tubulação coberta com areia saibrosa melhora o isolamento térmico



Fonte: Agência Brasília, 2018

A utilização do material acarretou em redução da perda térmica, com consequente diminuição do consumo de combustível para aquecimento do tanque de CAP.

- Melhoria da eficiência térmica do tanque de CAP

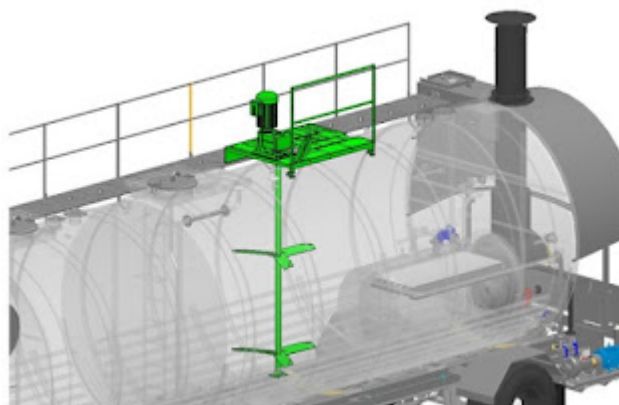
O tanque de armazenamento de CAP possui estrutura composta por chapa de aço interna, lã de rocha (isolante) e proteção externa.

Estes tanques podem possuir agitadores ou não, contudo o uso de agitadores mecânicos em tanques de estocagem de ligantes asfálticos tradicionais e modificados leva a uma economia da energia empregada na manutenção da temperatura de estocagem desses ligantes.

Isto se deve ao fato de que a temperatura é elevada com maior facilidade graças à convecção forçada pelos agitadores. (GRECAASFALTOS, 2008). Assim, para o aquecimento mais rápido e uniforme do CAP é aconselhável a utilização de tanques com agitadores.

A figura 24 apresenta um modelo de agitador instalado em um tanque de armazenamento de CAP. Como relatado, o uso de agitadores auxilia no processo de aquecimento do CAP de forma mais rápida, evitando assim desperdício de combustível e diminuição dos gases de efeito estufa - GEE.

Figura 24 - Agitador instalado dentro de tanque de armazenamento de ligante asfáltico



Fonte:(ASFALTO DE QUALIDADE, 2019)

- Nem todo isolamento térmico pode ser utilizado.

A escolha para um isolamento térmico deve se baseada em critérios que atendam as condições operacionais da usina de asfalto. Segundo (PACHECO, 2015) o material a ser escolhido deve atender a cinco critérios, sendo:

- Critério 01: Temperatura máxima de serviço;
- Critério 02: Ausência de componentes prejudiciais à saúde;
- Critério 03: Material resistente a umidade;
- Critério 04: Resistência ao fogo;
- Critério 05: Condutividade térmica.

O isolante a ser escolhido deve possuir temperatura de trabalho que suporte no mínimo 250°C. O material deve resistir a umidade devido ao fato de que quanto maior a umidade deste, maior a taxa de transferência de calor, com conseqüente maior perda térmica.

A tabela 9 apresenta a relação de alguns tipos de isolantes térmicos com os respectivos componentes perigosos à saúde.

Tabela 9 - Componentes perigosos -Isolamento térmico

<b>Material isolante</b>	<b>Presença de componentes perigosos à saúde humana</b>
Silicato de cálcio	A inalação de pó deste produto pode causar irritação da garganta e ligeira tosse. Pode causar irritação da pele e dos olhos
Espuma de vidro celular	Níveis elevados de exposição podem causar problemas relacionados com a inalação (dores de cabeça), visão (irritação) e pele (irritação).
Fibra de vidro	Exposição pode reduzir a função pulmonar e inflamação. Pode causar irritação da pele, olhos e garganta. Níveis elevados de exposição podem causar erupções cutâneas e dificuldade em respirar.
Fibras cerâmicas refratárias	Podem conter sílica cristalina em forma de quartzo ou cristobalite em quantidades suficientes para serem considerados como pertencentes à categoria 1 de substâncias cancerígenas. É genericamente classificado pela UE na categoria 2 de materiais cancerígenos na diretiva 67/548/EEC.
Lã mineral – vidro	Contém amianto.
Lã mineral – rocha	Pode causar irritação da pele e dos olhos
Vermiculita	Contém amianto.

Fonte: PACHECO, 2015.

Assim, o reforço no isolamento térmico poderá ocorrer com a utilização de materiais adequados a operação. Outra forma de melhoria é a utilização de agitadores dentro do tanque de armazenamento do CAP, fazendo com que o material aqueça de maneira mais rápida.

### 3.3 USO DA ENERGIA SOLAR PARA AQUECIMENTO DO CAP.

O uso da energia térmica proveniente da radiação solar já é utilizada na indústria em processos de geração de vapor ou aquecimento térmico.

O potencial de energia solar térmica no Brasil, conforme (SOLARPACES, 2021), é da ordem de 6 kWh/m<sup>2</sup> diários, sendo estes dados das regiões semiáridas. O maior potencial está localizado na Bacia do Rio São Francisco e nas áreas de Sobradinho no Nordeste, figura 25.

Figura 25 - Potencial de energia solar térmica por país, Brasil



Fonte: [SolarPACES, 2021]

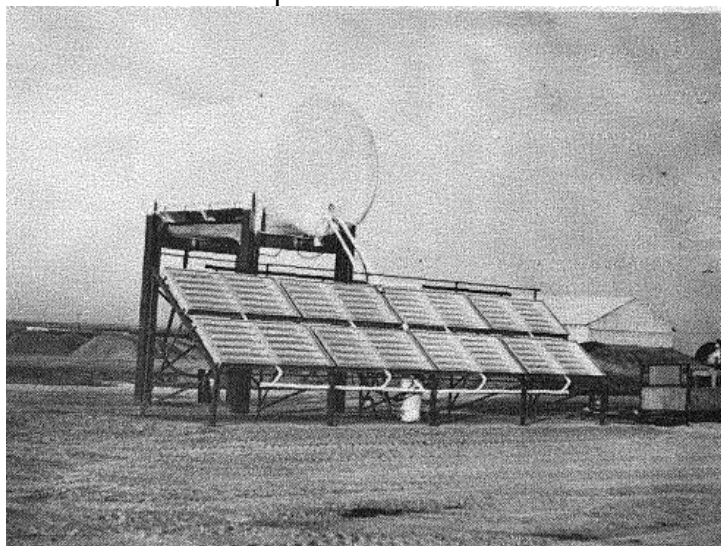
Em relação a utilização deste tipo de sistema na indústria do asfalto, há poucos estudos relatados na literatura sobre aquecimento de processos utilizando os sistemas de aquecimento solar (SHS).

Considerando a revisão bibliográfica, um sistema de armazenamento de CAP de alta temperatura para armazenamento de 10000 galões de asfalto a temperatura de (85 - 108°C) foi projetado e construído em Perry, Oklahoma em 1979.

O estudo citado apresenta os procedimentos de construção e os detalhes do processo. A conclusão do projeto é que a energia solar forneceu 100% da energia necessária para manter o tanque de asfalto (CAP) dentro de sua limites de temperatura prescritos até 1º de fevereiro de 1980.

O sistema de armazenamento de CAP aquecido por energia solar (figura 26) provou-se se ser satisfatório considerado como econômico e com manutenção reduzida.

Figura 26 - Sistema de armazenamento de asfalto com aquecimento solar



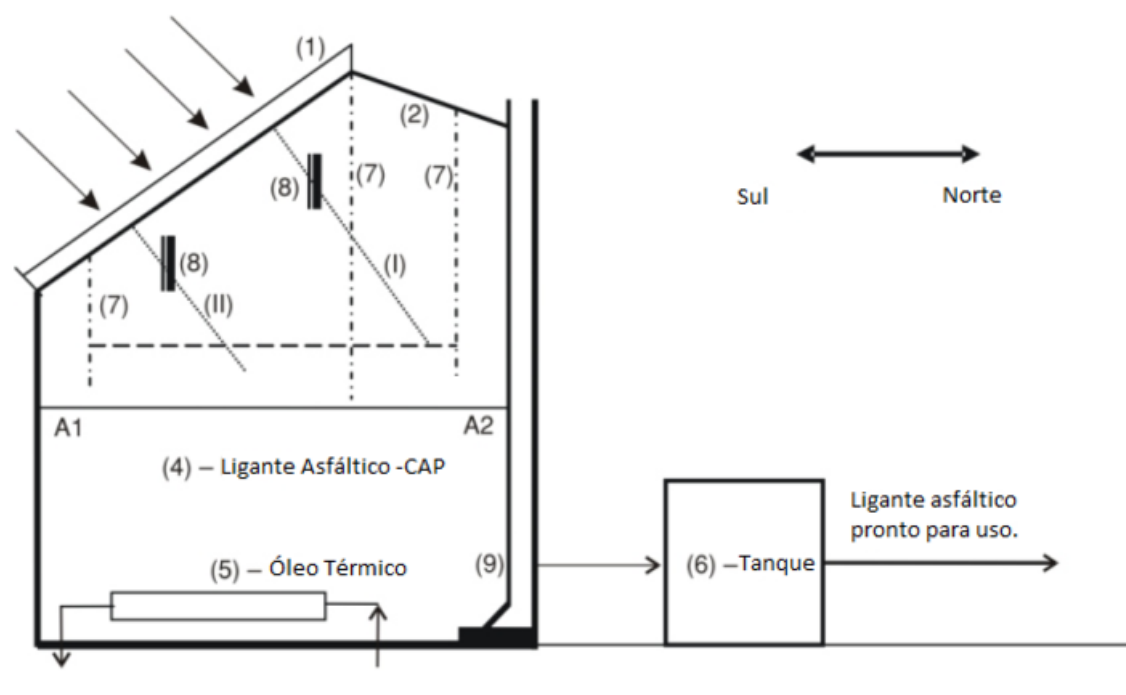
Fonte SOLAR ENERGY HEATING, 1979

Em outro artigo denominado (SOLAR EQUIPMENT FOR PREHEATING BITUMEN, 2007) foi desenvolvido um processo de preaquecimento de betume (CAP) com energia solar obtida na Universidade de Timisoara.

O objetivo da pesquisa foi o exame da oportunidade de usar energia solar para preaquecimento do ligante asfáltico. Os resultados indicam uma eficiência de cerca de 25-30% com nível de temperatura de 54-57°C.

A figura 27: apresenta o esquema da instalação industrial para preaquecimento solar do betume/CAP, onde a proposta é a instalação do tanque de CAP em uma estrutura tipo “estufa” que preaquece o material com a radiação térmica solar.

Figura 27 - Instalação industrial para preaquecimento solar



- 1 – coletor solar térmico;
- 2 – telhado feito de placas pretas;
- 3 – tubos inseridos betume;
- 4 – compartimentos preenchidos com betume pré-aquecido a 90-100 °C;
- 5 – aquecimento a óleo trocador;
- 6 – tanque para aquecimento final do betume até 100-150 °C;
- 7 – chapas metálicas colocadas a 0,5 m de distância;
- 8 – termômetros;
- 9 – forno;
- 10 – (I) e (II) – linhas que ficam em ângulo de 90° com a superfície do telhado;
- 11 – A1-A2, superfície livre do betume

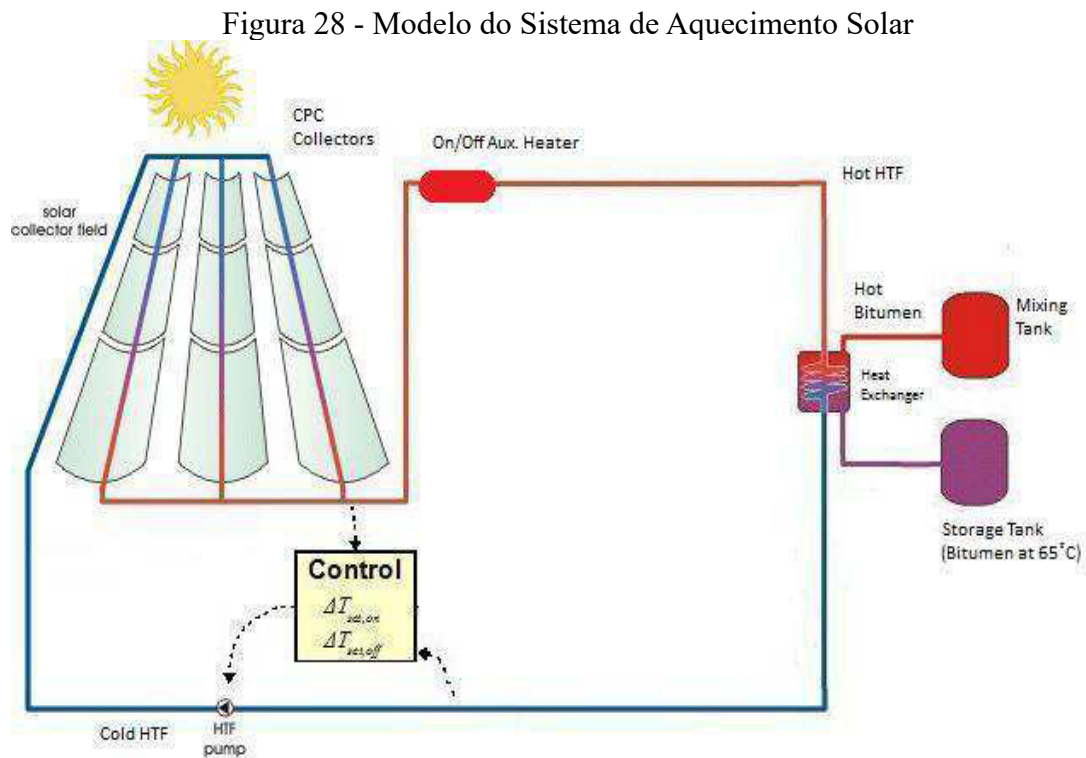
Fonte: Adaptado Solar Equipment For Preheating Bitumen, 2007

Outro estudo realizado em 2015, com o concentrador solar parabólico composto (CPC), foi proposto para o aquecimento a partir da temperatura de armazenamento até a temperatura de mistura, utilizando o óleo mineral como fluido de transferência de calor (HTF).

O estudo citado utilizou o Software TRNSYS para análise do experimento, sendo que a temperatura do fluido térmico ultrapassou 238°C, demonstrando que o CPC é apropriado para

esta aplicação de aquecimento do CAP (Using Compound Parabolic concentrating Solar Collector in Asphalt Industry, 2015).

A figura 28 demonstra o modelo de sistema de aquecimento solar proposto.



Fonte : Using Compound Parabolic concentrating Solar Collector in Asphalt Industry, 2015

Assim, conforme os trabalhos expostos o uso da energia solar poderá ser adequada para se obter aquecimento no tanque de armazenamento do CAP.

O sistema deverá ser em formato híbrido de aquecimento, em decorrência da oscilação da radiação solar ao longo do dia e da sua falta à noite.

Como uma das formas de diminuição do consumo de combustível em uma usina de asfalto e considerando que o uso da tecnologia heliotérmica se apresenta como opção promissora para conversão de energia solar em energia térmica para processos industriais ou geração de eletricidade, o uso desta tecnologia encontra-se adequada para ser utilizada.

Sendo assim, é necessário um estudo aprofundado deste tema, o qual poderá ser objeto de trabalhos futuros.



## 4 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

### 4.1 CONCLUSÃO

O presente trabalho de conclusão de curso apresentou uma análise das usinas de asfalto e os processos de fabricação do produto final denominado CBUQ – concreto betuminoso usinado a quente. Em decorrência de que a Usina de Asfalto é uma fonte poluidora que, entre outros, emite gases do efeito estufa, este trabalho analisou o impacto ambiental de uma usina e propôs alternativas para a redução do consumo de combustível. Considerando a bibliografia existente e em consultas as empresas da região, obteve-se dados para serem analisados. Os combustíveis utilizados nas usinas no período de elaboração deste trabalho de conclusão de curso são: Diesel, BTE e GLP. Após análises dos dados apresentados concluiu-se que as formas para a redução do consumo de combustível que podem ser adotadas nos equipamentos tambor secador e na caldeira são as que seguem: O tambor secador possui como principal função a secagem dos agregados, assim, uma forma de diminuir o consumo de combustível é o cobrir o agregado através de estrutura própria que irá reduzir a umidade do material. Quando menor a umidade, menor o consumo de combustível para secar o material e menor são as emissões de gases de efeito estufa. A melhoria do isolamento térmico do tanque e da tubulação de aquecimento do CAP, acarreta a diminuição da taxa de perda de calor, a qual gerará economia de combustível e conseqüente diminuição dos gases do efeito estufa. O consumo na caldeira que aquece o CAP é alto e altera-se conforme as condições climáticas, assim, foram analisadas propostas de uso da energia solar heliotérmica para auxiliar no aquecimento deste material, sendo que os estudos analisados apresentaram resultados satisfatórios. Assim, após a análise dos dados apresentados e em vistoria as Usinas constata-se que há formas para minimizar a emissão de gases de efeitos estufa reduzindo o consumo de combustível com melhorias no processo.

## 4.2 RECOMENDAÇÕES

As recomendações de trabalhos futuros decorrentes desta proposta de trabalho de conclusão de curso, são:

- Fazer uma análise Software TRNSYS sobre o uso da energia solar heliotérmica para aquecimento do tanque de CAP, em usinas da região;
- Análise da perda térmica do tanque de CAP e estudo de melhoria no revestimento térmico com outros tipos de materiais;
- Análise de custos para conversão das usinas de asfalto para utilização do combustível GLP.

## 5 REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS  
RESOLUÇÃO ANP Nº 3, DE 27.1.2016, DOU 28.1.2016- RETIFICADA DOU 16.2.2016 E  
DOU 6 DE JULHO DE 2016

Agência Brasília- Com novo sistema de produção de asfalto, Novacap reduz emissão de gás-  
12 de junho de 2018. Disponível em: < <https://www.agenciabrasilia.df.gov.br/2018/06/12/com-novo-sistema-de-producao-de-asfalto-novacap-reduz-emissao-de-gas/>>  
Acesso em 10/01/2022

Asfalto de Qualidade – Usinas de asfalto tópicos importantes- 17 de março de 2019.  
Disponível em: <http://asfaltodequalidade.blogspot.com/2019/03/usina-de-asfalto-topicos-importantes.html>  
Acesso em 10/01/2022

Ammann; 2020. Usinas de Asfalto. Disponível em:< <https://www.ammann.com/ptbr/plants/asphalt-plants>>  
Acesso em: 04/02/2022.

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica –. CHAMADA 019/2015: PROJETO  
ESTRATÉGICO: “DESENVOLVIMENTO DE TECNOLOGIA NACIONAL DE GERAÇÃO  
HELIOTÉRMICA DE ENERGIA ELÉTRICA”. 2015. Disponível em:  
<<http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/PD%20Estrategico%202019-2015.pdf>>.  
Acesso em: 22/01/2022

AVALIAÇÃO DO AQUECIMENTO DE PRODUTOS ASFÁLTICOS EM TANQUES COM  
AGITADORES MECÂNICOS. Armando Morilha Junior<sup>1</sup> , José Antonio Antoszczem  
Junior<sup>2</sup>, Wander Omena<sup>3</sup> Copyright 2008, Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás e  
Biocombustíveis – IBP. Disponível  
em:<[https://www.grecaasfaltos.com.br/wp-content/uploads/2019/08/fatos\\_15.pdf](https://www.grecaasfaltos.com.br/wp-content/uploads/2019/08/fatos_15.pdf)>  
Acesso em 21/01/2022

BALDO, José Tadeu. Pavimentação Asfáltica: materiais, projeto e restauração. São Paulo:  
Oficina de Textos, 2007.

Bernucci, L. B., Motta, L. M. G.; Ceratti; J. A. P.; Soares, J. B., 2008. Pavimentação asfáltica:  
formação básica para engenheiros. ABEDA, 3 ed. Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Brasil, 2019. Pesquisa Rodoviária 2019 - Relatório anual do Transporte. Confederação

Nacional do Transporte. SEST, Serviço Social do Transporte; SENAT, Serviço Nacional de Aprendizagem do Transporte. Brasília/ SF, Brasil. Disponível em:  
<<https://pesquisarodovias.cnt.org.br/relatorio-gerencial>>

Brasil Escola. PENA, Rodolfo F. Alves. "O que é efeito estufa?"; Brasil Escola. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/geografia/o-que-e-efeito-estufa.htm>>  
Acesso em 21/01/2022

BrasilNet- Pitch Lake, Um Lago De Piche Natural Em Trinidad Tobago- Disponível em:  
<<https://brasilisnet.blogspot.com/2012/06/pitch-lake-um-lago-de-piche-natural-em.html>>  
Acesso em 20/01/2022

BRASKEM, Óleo BTE. Disponível em: <http://www.guterrescombustiveis.com.br/wp-content/uploads/2017/06/FD-%C3%93leo-BTE.pdf>  
Acesso 10/01/2022

CANDIDO, Jeffersson. EMISSÕES EM USINAS DE ASFALTO TIPO DRUM – MIXERCONTRA FLUXO ATRAVÉS DE INVENTÁRIOS DE GASES DE EFEITO ESTUFA. Florianópolis, 2021

Cíber; 2020. Usinas de asfalto móveis contínuas. Disponível em:  
<<https://www.wirtgengroup.com/ocs/pt-br/ciber/usinas-de-asfalto-moveis-continuas-107-c/>>  
Acesso em: 04/02/2022.

Civilização Engenharia- Como funciona uma usina de asfalto- 30 de abril de 2018. Disponível em: <<https://civilizacaoengenharia.wordpress.com/2018/04/30/como-funciona-uma-usina-de-asfalto/>>  
Acesso em 29/01/2022

COSTA, Laís. Análise comparativa para geração de energia heliotérmica em diferentes regiões brasileiras. Projeto de Graduação – Engenharia Mecânica - Universidade de Brasília, 2016.

COSTA. C. A. S - ESTUDO DO COMPORTAMENTO TÉRMICO DE TANQUES DE ARMAZENAMENTO DE ASFALTO. Florianópolis, 2018

CONINFRA 2009. Disponível em:< [Home | GRECA Asfaltos](#) >  
Acesso em 10/01/2022

COPAGÁS - Indústria asfáltica alavanca 15% na produtividade com uso de GLP- 09 de maio de 2018. Disponível em: <<https://www.copagaz.com.br/blog/produtividade-industria-asfaltica/>>  
Acesso em 01/02/2022

Cenário Solar- Caminhos para energia solar no Brasil: a geração heliotérmica- 30 abr, 2019. Disponível em: <<https://cenariosolar.editorabrasilenergia.com.br/caminhos-para-energia-solar-no-brasil-a-geracao-heliotermica/>>

Acesso em 27/01/2022

CETESB - Potencial de Aquecimento Global de GEE. 27 de fevereiro de 2013. Disponível em <[Potencial de Aquecimento Global de GEE | Inventário GEE Empreendimentos \(cetesb.sp.gov.br\)](http://Potencial%20de%20Aquecimento%20Global%20de%20GEE%20|%20Invent%C3%A1rio%20GEE%20Empreendimentos%20(cetesb.sp.gov.br))>

Acesso em 10/01/2022

CRISIL, 2020.-IMO 2020: opção LSFO é mais viável a longo prazo- 01 de março de 2020. Disponível em: <<https://www.portosenavios.com.br/noticias/navegacao-e-marinha/imo-2020-opcao-lsfo-e-mais-viavel-a-longo-prazo>>

Acesso em 31/01/2022

Curso de Bombeiro- Triangulo do fogo- 11 de novembro de 2017. Disponível em: [O TRIANGULO DO FOGO AINDA EXISTE ? | CFAB \(cursodebombeiro.com.br\)](http://TRIANGULO%20DO%20FOGO%20AINDA%20EXISTE%20?%20|%20CFAB%20(cursodebombeiro.com.br))

Acesso 25/01/2022

DNIT, Manual de Pavimentação- Publicação IPR - 719. 2006

DNIT 070/2006 – PRO. Condicionantes ambientais das áreas de uso de obras – Procedimentos.

DNIT 031/2006 ES (Pavimentos flexíveis – Concreto asfáltico –Especificações de serviço). Rio de Janeiro/ RJ, Brasil.

DNIT 033/2021 – ES (Pavimentos flexíveis – Concreto asfáltico reciclado em usinas a quente – Especificações de Serviço). Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

DNIT 412/2019 - ME - Pavimentação - Misturas asfálticas – Análise granulométrica de agregados graúdos e miúdos e misturas de agregados por peneiramento – Método de ensaio. 2019

DNIT-747- DIRETRIZES BÁSICAS PARA EXECUÇÃO DE MISTURAS ASFÁLTICAS MORNAS COM O USO DE ADITIVOS SURFACTANTES. 2018

DNIT 095/2006 – EM- Cimentos asfálticos de petróleo -Especificação de material,Origem: Revisão da Norma DNER-EM 204/95.

DNIT 155/2010-ME Material asfáltico – Determinação da penetração –Método de ensaio, Revisão da Norma DNER-ME 003/99

Dynatest - PAVIMENTO FLEXÍVEL: DIVERSIDADE E TRADIÇÃO NO BRASIL- 23 de abril de 2018. Disponível em: <<http://dynatest.com.br/pavimento-flexivel-diversidade-e-tradicao-no-brasil-2/>>

Acesso em 20/01/2022

Electricalelibrary.-Como funciona a torre solar?- 27 de agosto de 2019. Disponível em: <<https://www.electricalibrary.com/2019/08/27/como-funciona-a-torre-solar/>>

Acesso em 28/11/2021

Estudo Comparativo da Queima de Óleo B.P.F. e de Lenha em Caldeiras – Estudo de Caso. Instituto Politécnico, Nova Friburgo August 30th- September 3rd, 2004 Laércio Caetano, Luis Antonio Duarte Junior. Disponível em: <[http://eventos.abcm.org.br/xi\\_creem/resumos/TE/CRE04-TE01.pdf](http://eventos.abcm.org.br/xi_creem/resumos/TE/CRE04-TE01.pdf)>

Acesso 22/01/2022

EPE 2021- Empresa de Pesquisa Energética.-Matriz Energética e Elétrica- Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>>

Acesso em 01/09/2021

ENERGIAS-Perspectivas energéticas. 2016. Disponível em:<<https://energias.wordpress.com/>>.

Acesso em: 28/11/2021

Energia Brasil.- Óleo BPF: o que é e para que serve?- Petrobras. Disponível em: <https://energiabrasil.net/oleo-bpf>

Acesso em 22/12/2021

“ENVIRONMENTAL ENGINEERING”. Evaluation of bitumen fractional composition depending on the crude oil type and production technology Miglè Paliukaitė , Audrius Vaitkusa , Adam Zofkab Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/269224495\\_Evaluation\\_of\\_bitumen\\_fractional\\_compositionDepending\\_on\\_the\\_crude\\_oil\\_type\\_and\\_production\\_technology](https://www.researchgate.net/publication/269224495_Evaluation_of_bitumen_fractional_compositionDepending_on_the_crude_oil_type_and_production_technology)> pp 05.

Acesso em 04/02/2022

ENG-TIPS.com Forum- Tanque de betume Taxa de transferência- 1 de junho de 2015. Disponível em <https://www.eng-tips.com/viewthread.cfm?qid=125441>

Acesso em 26/11/2021

FGV EAESP-Programa Brasileiro GHG Protocol-2008 Disponível em: <<https://eaesp.fgv.br/centros/centro-estudos-sustentabilidade/projetos/programa-brasileiro-ghg-protocol>>

Acesso em 27/01/2022

GÂNDARA, Gustavo Morini Ferreira. ÓLEOS LUBRIFICANTES MINERAIS: UMA ANÁLISE DAS POTENCIALIDADES DA REUTILIZAÇÃO. 2000. 90 f. Monografia (Especialização) - Curso de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Faculdade de Engenharia Mecânica e de Produção da Universidade Metodista de Piracicaba, Santa Bárbara D'oeste 2000. Disponível em: < <https://silو.tips/download/oleos-lubrificantes-minerais>>  
Acesso em 18/01/2022

INSTITUTO DE ASFALTO. Tradução do Manual de Asfalto. Série do Manual n°. 4 (MS-4), ed. 1989, Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/441066112/MANUAL-DE-ASFALTO-Instituto-de-Asfaltos-PETROBRAS-pdf>.  
Acesso em 18/01/2022

IBRAHIM, A. E Ismail. - Using Compound Parabolic concentrating Solar Collector in Asphalt Industry, Rio de Janeiro 2015. Disponível em <<https://www.bdtд.uerj.br:8443/handle/1/11717>>  
Acesso 01/09/2021

Imperialum, 2022. Disponível em: <https://www.imperialum.com/cms/wp-content/uploads/2014/11/FTpt-Coquilha-CQ70-CQ70AL.pdf>  
Acesso em 10/02/2022

Junges, A.; Santos, V.Y.; Massoni, N. T.; Santos, F. A. C., 2018. Efeito estufa e aquecimento global: uma abordagem conceitual a partir da física para educação básica. Revista Experiências em Ensino de Ciências, EENCI. Cuiabá/MT, Brasil. Disponível em: <<https://if.ufmt.br/eenci/?go=artigos&idEdicao=65>>  
Acesso em: 21/01/2022.

Keches, C. e Leblanc, A., 2007. Reducing greenhouse gas emission from asphalt materials. A major qualifying project report. Degree of Bachelor of Science. Worcester Polytechnic Institute. Worcester/ MA, EUA. Acesso eletrônico <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.559.907&rep=rep1&type=pdf>>  
Acesso em 21/01/2022.

LINTEC IXON- Usina de asfalto em container- Disponível em: <https://www.lintec-ixon.com.br/pt/produto/usinas-de-asfalto-em-container/csd-1510>  
Acesso em 29/01/2022

SANTOS, Afonso et. al. Conservação de energia: Eficiencia Energática de Equipamentos e Instalações. Universidade Federal de Itajubá- FUPAI. Itajubá, 2006 p.83

Marini, 2020. Produtos. Disponível em: < <http://marinilatinamerica.com.br/>>

Acesso em: 04/02/2022.

MEDEIROS, Andréa Garcia de. TECNOLOGIAS DE APROVEITAMENTO DO XISTO RETORNADO. 2013. 41 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciências e Tecnologia, Departamento de Ciências Exatas, Tecnológicas e Humanas, Universidade Federal Rural do Semiárido, Angicos, 2013

Motta, R. S., 2011. Estudos de misturas asfálticas mornas em revestimentos de pavimentos para redução de emissão de poluentes e de consumo energético. Tese de doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos/SP, Brasil.

MOREIRA, L.C.O. 2007 -Comparação entre os poluentes atmosféricos e ruídos emitidos por uma caldeira flamatubular movida a gás natural e a óleo combustível BPF 2A. Campo Grande, dezembro de 2007. Disponível em: <<https://repositorio.ufms.br/handle/123456789/1500>>  
Acesso 05/01/2022

Mundo Educação. Disponível em: <<https://mundoeducacao.uol.com.br/quimica/oleo-diesel.htm>>  
Acesso em 20/01/2022

NPI Inventário Nacional de Poluentes -Manual de Técnica de Estimativa de Emissões para Fabricação de Asfalto de Mix Quente- 1999 . Disponível em:<[Manual de Técnica de Estimativa de Emissões para A Fabricação de Asfalto de Mistura Quente | Inventário Nacional de Poluentes \(npi.gov.au\)](#)> p. 02.  
Acesso em: 21/01/2022

NTA – CAP 30/45- Disponível em <http://www.nta-asfaltos.com.br/cap>  
Acesso 21/01/2022

Oleo BPF- Oleo BPF o que é e para que serve- 26 de agosto de 2019. Disponível em: <<https://www.oleobpf.com.br/2019/08/26/oleo-bpf-o-que-e-e-para-que-serve/>>  
Acesso em 29/12/2021

PACHECO, João M. M. - Otimização do Consumo de Vapor na Armazenagem e Expedição de Betumes. Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica. FEUP U. Porto. Julho 2015.

Portal Solar -Energia solar térmica de alta temperatura- 16 de dezembro 2021 Disponível em:< <https://pt.solar-energia.net/solar-termica/temperatura-alta>>  
Acesso em 22/01/2022

PRÊMIO GLP DE INOVAÇÃO E TECNOLOGIA – EDIÇÃO 2017 – Relatório Técnico apresentado ao Comitê Organizador do Prêmio GLP de Inovação e Tecnologia na categoria Meio Ambiente. Rio de Janeiro / RJ 2017. Disponível em:



<<https://www.gasescombustiveis.com.br/premioglp/wp-content/uploads/Convers%C3%A3o-de-uma-Usina-de-Asfalto.pdf>>

Acesso em 22/01/2022

Química.com.br- A energia térmica nos processos industriais- 10 de junho de 2013. Disponível em :<<https://www.quimica.com.br/ponto-critico-a-energia-termica-nos-processos-industriais-possibilidades-para-a-energia-solar-na-industria/2/>>

Acesso em 26/11/2021

RESOLUÇÃO CONAMA nº 3, de 28 de junho de 1990 Publicada no DOU, de 22 de agosto de 1990, Seção 1, páginas 15937-15939. Disponível em: <[https://www.ibram.df.gov.br/images/resol\\_03.pdf](https://www.ibram.df.gov.br/images/resol_03.pdf)>

Acesso em 09/01/2022

RESOLUÇÃO. 19, DE 11 DE JULHO DE 2005 -AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS

Resolução ANP nº 65 de 09/12/2011. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br>

Acesso em 20/01/2022

Revista MT- Usina de asfalto gravimétrica ou continua- 02 de junho de 2000. Disponível em: <<https://www.revistamt.com.br/Materias/Exibir/usina-de-asfalto-gravimettrica-ou-continua>>

Acesso em 21/01/2022

Santos, M. B.; Candido, J.; Baulé, S. S.; Oliveira, Y. M. M.; Thives, L. P., 2020. Greenhouse gas emissions and energy consumption in asphalt plant. Revista eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, REGET. ISSN 2236-1170. Santa Maria/ RS, Brasil.

Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/reget/article/view/62662/html>

Acesso em:29/01/2022

SENÇO, Wlastermiler de. Manual de técnicas de pavimentação: Volume I. 2. ed. São Paulo: PINI, 2007. 777 p.

SUGUIO, KENITIRO. MUDANÇAS AMBIENTAIS DA TERRA. São Paulo, 2008 p. 17

Solar energy heating of asphalt to 200 F in storage tanks - final report 1979. Disponível em <<https://shareok.org/handle/11244/317193>>

Acesso em 28/01/2022

Solar Paces Disponível em: |<<https://www.solarpaces.org/>>

Acesso em 01/09/2021

SOLAR EQUIPMENT FOR PREHEATING BITUMEN by Ioan LUMINOSU, Coleta DE SABATA, and Adrian BUT Original scientific paper UDC: 662.74:662.997 BIBLID: 0354-9836, 11 (2007), 1, 127-136

SCHNEIDER, G. Concentrated Solar Power – State of the Art. Escola Internacional de Energia Solar. Enolcon GmbH. Universidade de Brasília, 2015.

STRATURA Asfaltos- CAP- Cimento Asfáltico de Petróleo- Disponível em: <<https://stratura.com.br/portfolio-items/cap-cimento-asfaltico-de-petroleo/>>  
Acesso em 20/11/2021

Sinal de trânsito. A história do asfalto. Disponível em: <[https://www.sinaldetransito.com.br/curiosidades\\_foto.php?IDcuriosidade=61&alt=">  
Acesso em 20/01/2022](https://www.sinaldetransito.com.br/curiosidades_foto.php?IDcuriosidade=61&alt=)

SUSTEANABLE Carbon. 2022. Disponível em: <https://www.sustainablecarbon.com/como-sao-gerados>.  
Acesso em 18/02/2022

## QUESTIONAMENTO USINA A

### **1º Quais combustíveis são utilizados na Usina? Qual combustível no tambor secador e qual na caldeira? (diesel, BTE, GNV,xisto, entre outros...)**

As usinas de asfalto podem queimar vários tipos de combustíveis no secador, como: BPF, BTE, Xisto, óleo vegetal, diesel, gás natural. São os mais usuais.

Já na caldeira é usado diesel S500.

### **2º Quantos litros de combustível são consumidos por hora para aquecer o tambor secador para secar o agregado?**

Em média rodando de 80 a 100 ton/hora, o consumo médio é de 5 kg/ton. Então rodando a 100 ton/hora, seria 500kg/hora de consumo. É importante ressaltar que a produção ton/hora, pode variar devido a umidade dos agregados.

### **3º Quantos litros de combustível são consumidos por hora para aquecer a caldeira do tanque do CAP?**

O aquecimento da caldeira é variável de acordo com a região. Lembrando que além do tanque, tem toda a linha de aquecimento para o cap até o misturador e a linha de combustível. No Sul o consumo pode chegar no inverno há 65 litros/hora e no verão 35litros/hora.

### **4º Há cálculo de consumo de combustível para secar o agregado no tambor secador com base na umidade do material?**

O ideal é pegar sempre o agregado o mais seco possível e armazená-lo em local coberto ou lonar, para não pegar uma chuva ou umidade do ambiente. É difícil calcular com exatidão. Pois teria que verificar a umidade do material em laboratório e depois seca-lo na usina, coletá-lo novamente e verificar o quanto de umidade foi retirado.

Cada situação irá depender muito do índice de absorção do agregado, que varia de material para material.

### **5º Qual a capacidade de armazenamento no tanque do CAP?**

Usualmente são 40 toneladas, mas existem tanques maiores e menores.

### **6º Qual temperatura de armazenamento do CAP quando não está em operação?**

A temperatura do CAP ideal para rodar é 160°C no mínimo.

O CAP-55/75, CAP-60/85, o Cap polímero o ideal é 165°C, por causa do polímero.

O CAP borracha é 175°C, abaixo disso a borracha não homogeneiza e é perigoso a borracha segregar do cap e entupir o filtro. Tanto que o asfalto borracha é usinada há 185°C.

### **7º Qual temperatura de utilização do CAP durante a operação?**

IDEM RESPOSTA 6

### **8º Qual temperatura utilizada na caldeira para aquecer o CAP até a temperatura de uso?**

A temperatura pode ser regulada por um controlador que é programado para aquecer normalmente entre 165°C a 170°C, se for CAP borracha fica entre 175°C a 185°C. Isso se deve a faixa de trabalho do CAP e também porque o óleo térmico tem um limite de aquecimento até 220°C.

Acima disso o óleo térmico perde propriedades químicas e conseqüentemente seu poder de performance junto ao aquecimento do material.

### **9º Qual fluido térmico é utilizado no tanque de armazenamento do CAP?**

Na serpentina é usado óleo térmico LUBRAX AV60

### **10º Considerando que o CAP está em temperatura ambiente, quantos litros de combustível são gastos para aquecer o tanque até a temperatura de utilização do CAP?**

Considerando a 25°C temperatura ambiente, em torno de 3 a 4 dias. Em torno 5000 litros de diesel. Até os 100°C vai rápido, depois dos 100°C que demora.

### **11º Quais são as vantagens e desvantagens quando utiliza determinado combustível (diesel/GNV/etc...), na caldeira?**

Se considerar do ponto de vista ambiental, o gás natural é o melhor.

Se for considerar custo x benefício, o diesel hoje ainda está mais vantajoso que o gás natural, porém é poluente.

### **12º Quais são as vantagens e desvantagens quando utiliza determinado combustível (diesel/GNV/etc...), no tambor secador?**

Se considerar do ponto de vista ambiental, o gás natural é o melhor.

No tambor secador, varia muito de material para material. Existe algumas variáveis que podem tornar mais vantajoso ou menos vantajoso, como poder calorífico, viscosidade e temperatura de queima. Hoje o BTE no Rio Grande do Sul tem o preço mais em conta, é um óleo pesado, bom poder calorífico e que apresenta um excelente consumo kg/ton.

O gás natural é o combustível limpo, bom poder calorífico e tem uma boa relação de consumo. Porém para sua queima no secador é necessário fazer mudanças para armazenamento do gás e no maçarico para a queima do mesmo.

### **QUESTIONAMENTO USINA B**

**1º Quais combustíveis são utilizados na Usina? Qual combustível no tambor secador e qual na caldeira? (diesel, BTE, GNV,xisto, entre outros...)**

SECADOR: BTE

CALDEIRA: DIESEL

**2º Quantos litros de combustível são consumidos por hora para aquecer o tambor secador para secar o agregado?**

CONSUMO NO TAMBOR SECADOR: 5,00 kg/ton PRODUÇÃO REAL USINA: 50,00 ton/hora CONSUMO POR HORA TRABALHADA: 5,00 kg/ton x 50,00 ton/hora = 250,00 kg/hora

**3º Quantos litros de combustível são consumidos por hora para aquecer a caldeira do tanque do CAP?**

A Caldeira consome aproximadamente 40 litros/hora de diesel para aquecer e/ou manter o CAP aquecido.

**4º Há cálculo de consumo de combustível para secar o agregado no tambor secador com base na umidade do material?**

Sim, quanto maior a umidade dos agregados, maior é o tempo de permanência no tambor secador, conseqüentemente diminuindo a produção da usina e elevando o consumo de combustível por tonelada produzida. Para cada 0,50% de umidade, o consumo aumenta 1,00 litro/ton.

Exemplo de consumo para umidade de 2,5% seria aproximado 5 L/ton com a produção de 50 toneladas, em média 250 L/hora.

**5° Qual a capacidade de armazenamento no tanque do CAP?**

Os três tanques total de 100,00 ton

**6° Qual temperatura de armazenamento do CAP quando não está em operação?**

Quando não há operação por longo período, desligamos a caldeira e o CAP fica armazenado em temperatura ambiente.

**7° Qual temperatura de utilização do CAP durante a operação?**

CAP 50/70 – 150°C AMP 60/85 – 165°C

**8° Qual temperatura utilizada na caldeira para aquecer o CAP até a temperatura de uso?**

A caldeira possui sensor automático para manter o óleo térmico aquecido entre 200°C e 210°C.

**9° Qual fluido térmico é utilizado no tanque de armazenamento do CAP?**

IPITHERM IPIRANGA

**10° Considerando que o CAP está em temperatura ambiente, quantos litros de combustível é gasto para aquecer o tanque até a temperatura de utilização do CAP?**

Considerando que os 3 tanques estejam completos com CAP (100ton), para aquecermos de 25°C até 150°C o tempo de aquecimento chega a 40 horas.

Tendo como combustível o Diesel: 40 horas x 40 litros/hora = 1.600,00 litros

**11° Quais são as vantagens e desvantagens quando utiliza determinado combustível (diesel/GNV/etc...), na caldeira?**

Devem ser considerados vários fatores, entre eles: Questão ambiental, poder calorífico, consumo, eficiência, disponibilidade do material no mercado. Atualmente:

Diesel – poluição média / menor custo / fácil aquisição.

GLP – poluição baixa / maior custo / fácil aquisição.

BTE – poluição alta / menor custo / aquisição centralizada

**12° Quais são as vantagens e desvantagens quando utiliza determinado combustível (diesel/GNV/etc...), no tambor secador?**

Idem resposta 11°