



CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIFACVEST

Curso de Bacharel em Engenharia Civil

BRUNO SERGIO OLIVEIRA MUNIZ

**A UTILIZAÇÃO DA CAMADA POROSA DE ATRITO (CPA)
COMO MELHORIA DA SUPERESTRUTURA RODOVIÁRIA**

LAGES – SC

2020



CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIFACVEST

Curso de Bacharel em Engenharia Civil

BRUNO SERGIO OLIVEIRA MUNIZ

**A UTILIZAÇÃO DA CAMADA POROSA DE ATRITO (CPA)
COMO MELHORIA DA SUPERESTRUTURA RODOVIÁRIA**

Pré-projeto de pesquisa apresentado na
disciplina de TCC I do Curso de Bacharel em
Engenharia Civil

Orientador: Prof. ME. Aldori Batista dos Anjos.

LAGES - SC

2020

BRUNO SERGIO OLIVEIRA MUNIZ

**A UTILIZAÇÃO DA CAMADA POROSA DE ATRITO (CPA)
COMO MELHORIA DA SUPERESTRUTURA RODOVIÁRIA**

Pré-projeto de pesquisa apresentado na
disciplina de TCC I do Curso de Bacharel em
Engenharia Civil

Orientador: Prof. ME. Aldori Batista dos Anjos.

Lages-SC ____/ ____/ 2020. Nota _____

Prof. ME. Aldori Batista dos Anjos, coordenador do curso de Engenharia Civil.

LAGES – SC

2020

TERMO DE APROVAÇÃO

BRUNO SERGIO OLIVEIRA MUNIZ

A UTILIZAÇÃO DA CAMADA POROSA DE ATRITO (CPA) COMO MELHORIA DA SUPERESTRUTURA RODOVIÁRIA

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro Universitário UNIFACVEST como parte dos requisitos para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. ME. Aldori Batista dos Anjos, coordenador do curso de Engenharia Civil.

Banca examinadora:

AGREDECIMENTOS

Gostaria de agradecer a minha família por todo o apoio durante toda a jornada acadêmica em especial a minha tia Bruna Backmann.

A todos os meus amigos do curso de graduação que compartilharam dos inúmeros desafios que enfrentamos, sempre com o espírito colaborativo

Ao engenheiro civil Alex Barreto, supervisor de estágio, que ajudou tanto no crescimento acadêmico quanto profissional

Agradeço a todos os professores por me proporcionar o conhecimento não apenas racional, mas a manifestação de caráter e afetividade da educação no processo de formação profissional, por tanto que se dedicaram a mim, não somente por terem me ensinado, mas por terem me feito aprender. A palavra mestre, nunca fará justiça aos professores dedicados aos quais sem nominar terão os meus eternos agradecimentos.

Aos meus colegas do curso de Alex, Cleiton, Cleuberth Rafael e Wilson pelas trocas de ideias e ajuda mútua. Juntos conseguimos avançar e ultrapassar todos os obstáculos.

Aos amigos, que sempre estiveram ao meu lado, pela amizade incondicional e pelo apoio demonstrado ao longo de todo o período de tempo em que me dediquei a este trabalho.

DEDICATÓRIA

"O homem corajoso não é aquele que não tem medo, mas aquele que faz o que deve apesar de ter medo. Para ter sucesso, deve estar disposto a arriscar o fracasso total; deve aprender isto"(Raymond E. Feist,).

RESUMO

A pavimentação permeável se torna cada vez mais comum conforme o crescimento de cidades e do processo de urbanização e industrialização, que tem como finalidade aplicar esta tecnologia para que assim reduza o escoamento superficial e melhore sua permeabilidade. Por esta possuir grande eficiência em sistemas de drenagens constituídos desta camada permeável, promoveu sua popularização. Assim com o desenvolvimento de novas tecnologias para pavimentação, como as misturas porosas/permeáveis, que foram desenvolvidas com o intuito de possibilitar a permeabilidade da camada, desta forma eliminando a camada de água que ali se encontra em consequência de precipitação. Uma destas tecnologias é a Camada Porosa de Atrito (CPA), que tem exatamente essa função de drenar a película de água sobre essa camada, logo, com essa drenagem o atrito entre o pneu/pavimento tende a aumentar. Este tipo de camada é utilizado onde o declive transversal do pavimento não vence a quantidade de precipitação, assim aumentando a película de água, que em consequência disso pode causar aquaplanagem ou a projeção de spray de água em outros veículos diminuindo a visibilidade da via. A implantação deste tipo de pavimento vem a ser uma ótima opção para regiões onde o tempo de precipitação é mais longo, e em via que possuem um fluxo acima da média, utilizado como solução para melhorar a segurança e conforto dos condutores sob a via rodante.

Palavras chave: CPA; Aquaplanagem; Permeabilidade; Atrito.

ABSTRACT

Permeable paving becomes increasingly common as cities grow and the process of urbanization and industrialization aims to apply this technology to reduce surface runoff and improve its permeability. Because it has great efficiency in drainage systems made up of this permeable layer, it has promoted its popularization. Thus with the development of new technologies for paving, such as porous/permeable mixtures, which were developed with the intent of enabling the permeability of the layer, thus eliminating the water layer that is there as a consequence of precipitation. One of these technologies is the Friction Porous Layer (CPA), which has exactly this function of draining the water film over this layer, therefore, with this drainage the friction between the tire/pavement tends to increase. This type of layer is used where the transversal slope of the sidewalk does not overcome the amount of precipitation, thus increasing the water film, which as a consequence can cause aquaplaning or the projection of water spray on other vehicles decreasing the visibility of the road. The implantation of this type of sidewalk is an excellent option for regions where the precipitation time is longer, and in roads that have an above average flow, used as a solution to improve the safety and comfort of the ducts under the road.

Keywords: CPA; Aquaplaning; Permeability; Friction

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Esquema de seção transversal do pavimento	18
Figura 2: Capacidade de absorção do CPA	20
Figura 3: Propagação pontual do som	25
Figura 4: Propagação de diversos pontos som	25
Figura 5: Partes de um pneu	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Requisitos de tolerando granulométrica para dosagem	29
Tabela 2 – Classificação de agregados graúdos	30
Tabela 3 – Classificação de agregados miúdos	30

LISTA DE GRAFICOS

Gráfico 1: Escoamento em diversos tipos de superfícies	22
Gráfico 2: Influencia na geração de ruídos por diversas variáveis	24
Gráfico 3: Exemplo de estimativa do coeficiente de absorção de um asfalto drenante e um asfalto denso	24

LSITA DE ABREVIACOES

CPA – Camada Porosa de Atrito;

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes;

DENATRAN- Departamento Nacional de Trânsito;

DNER - Departamento Nacional de Estradas de Rodagem;

NBR - Norma Técnica brasileira;

KM- Quilômetro;

h- Hora;

dB- Decibel;

Hz – Hertz;

Mpa – Mega Pascal;

RT – Resistencia a tração.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. PROBLEMATIZAÇÃO	15
3. JUSTIFICATIVA	15
4. OBJETIVOS	16
4.1 GERAL	16
4.2 ESPECIFICOS	16
5. CAMADA POROSA DE ATRITO (CPA)	17
6. CONDUTIBILIDADE HIDRÁULICA	20
7. REDUÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS	21
8. RUÍDOS	23
8.1 REDUÇÃO DE RUIDOS	23
8.2 ATRITO PNEU/PAVIMENTO	26
8.3 RUIDO COM ÁGUA NA VIA	28
9. RESISTENCIA MECÂNICA	29
9.1 AGREGADOS GRAÚDOS	29
9.2 AGREGADOS MIÚDOS	30
9.3 MATERIAL DE ENCHIMENTO (FILER)	31
9.4 RESISTENCIA	31
10. METODOLOGIA DA PESQUISA	32
11. CONCLUSÃO	33
REFERÊNCIAS	34

1. INTRODUÇÃO

Com o grande avanço e crescimento da população e com a modernização de cidades, tende a haver um aumento na geração dos impactos diretos ou indiretos, sendo esses impactos ambientais, econômicos e sociais. Devido a este grande crescimento, e a construção de novas vias sendo elas ruas, avenidas, dentre outras. Com essa ampliação das vias urbanas que tendem a trazer conforto e segurança para os condutores, também causam impactos ambientais, tendo como um dos principais impactos a impermeabilização de uma grande área.

Com o aumento de área impermeabilizada, sendo ela formada pela pavimentação da via rodante, acaba ocasionando em um aumento do escoamento superficial desta via, que por sua vez dificulta e reduz a segurança dos condutores que por ali transitam, ainda podendo impactar no ciclo hidrológico da região, onde métodos sustentáveis e alternativos podem ser uma solução para tal problema.

O CPA podendo ter sua composição por agregados graúdos e miúdos, filler e concreto asfalto que pode ou não ser modificado por polímero, onde o CPA que tem essa modificação tende a obter um melhor desempenho quando comparada da mesma mistura com a não modificação com adição de polímero.

Uma ótima solução é a utilização do CPA - Camada Porosa de Atrito um pavimento permeável, que possui sua camada superior composta por agregados mais graúdos, que assim possibilitam uma melhor permeabilidade, desta forma reduzindo o escoamento superficial, aumentando a segurança do condutor.

2. PROBLEMATIZAÇÃO

Sabendo que em muitas das vias, sendo rodovias, ruas, avenidas dentre outras. Onde, em alguns casos a sarjeta acaba não conseguindo vencer todo o escoamento superficial ocasionado pela precipitação da chuva, sabendo que o escoamento através do próprio pavimento tende a levar um tempo considerável. Onde a película de água que tende a permanecer sobre a pista rodante ajuda na degradação da mesma pista

A película de água formada sobre o pavimento, faz com que o contato pneu/pavimento seja reduzido, assim diminuindo o atrito entre ambos, causando a redução da segurança de tráfego no local. Aumentando a possibilidade de aquaplanagem dos veículos ou a projeção de spray de água em outros veículos reduzindo a visibilidade da via e de demais veículos.

3. JUSTIFICATIVA

A melhoria da superestrutura rodoviária é uma necessidade para a promoção da segurança e conforto do usuário. O CPA – Camada Porosa de Atrito é um pavimento permeável que tem como função diminuir os riscos de aquaplanagem, aumentando o atrito entre pavimento e pneu e possibilitando ainda a redução de ruídos gerados pelos veículos.

Pela grande temporada de precipitação que variam de quatro a cinco meses é interessante haver esta camada do revestimento, no qual o objetivo é ocasionar em uma maior aderência ao pavimento, principalmente em dias chuvosos. Por conta de sua porosidade elevada, esta mesma camada acaba tendo a funcionalidade como camada drenante, impedindo a formação de lâminas de água na superfície, conduzindo a água até que alcance as sarjetas.

4. OBJETIVOS

Concluir uma pesquisa sobre a mistura asfáltica do tipo CPA - Camada Porosa de Atrito como uma camada para a melhoria da superestrutura de uma via, com o intuito de investigar o funcionamento mecânico e funcional do CPA.

4.1 GERAL

Mostrar a efetividade do pavimento permeável do tipo Camada Porosa de Atrito - CPA como método de redução do escoamento superficial, spray de água, e aumento do atrito pneu/pavimento, segurança e conforto.

4.2 ESPECIFICOS

- a) Levantamento de dados por pesquisa bibliográfica, com intuito de localizar as principais características do CPA;
- b) Analisar as propriedades mecânicas;
- c) Analisar as propriedades de condutividade hidráulica;
- d) Analisar a redução de impactos ambientais proporcionados pelo CPA;
- e) Analisar as contribuições do CPA para a pavimentação, segurança, conforto;
- f) Analisar a redução de ruídos proporcionado pelo CPA.

5. CAMADA POROSA DE ATRITO (CPA)

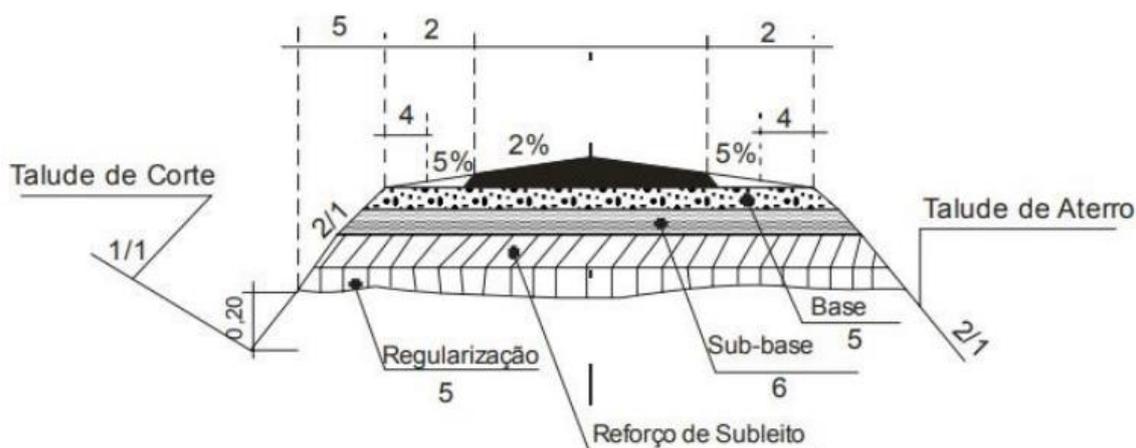
Sendo uma mistura asfáltica considerada porosa por conter uma baixa quantidade de agregados finos e tendo uma elevada concentração de agregados mais graúdos. Desta forma fazendo com que esta mistura acabe tendo uma maior quantidade de vazios do que em misturas mais comuns, tendo uma variação de 18 a 25% de vazios no CPA produzido no Brasil DNER (1999). Tal espaços de vazios que assim proporciona uma melhor condutibilidade hidráulica através dos poros até o solo, como também uma melhor área de contato de pneu/pavimento. Por ser poroso e assim permitir de certa forma uma infiltração de água, acaba contribuindo para o uso mais eficiente do solo, com isso há uma possibilidade que não haja a necessidade de grandes obras de drenagem por conta da capacidade de infiltração do CPA.

Ainda que este tipo de pavimento possua um custo inicial de instalação superior ao pavimento asfáltico tradicional o mesmo acaba se compensando pelo longo tempo de vida útil e pela sua pouca necessidade de reparos em relação pavimentações tradicionais.

Como uma alternativa para amenizar os impactos ambientais causados pela impermeabilização sendo de forma direta ou indiretamente, pode-se optar por tecnologias alternativas, como é o caso do CPA, onde o mesmo permite uma maior infiltração da água. Onde a água da chuva pode infiltrar diretamente no solo, assim, diminuindo a vazão necessária para o sistema de drena pluvial urbana

De acordo com o Manual de Pavimentação do DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura e Trânsito) as camadas que constituem um pavimento são revestimento, base, sub-base, reforço do subleito, regularização, greide do leito, leito, subleito, pavimento. Onde o revestimento por si acaba se submetendo a receber diretamente a carga do rodante, desta forma sendo um contato pneu/pavimento.

Figura 1: Esquema de seção transversal do pavimento.



Fonte: DNIT (2006).

Conforme o manual de pavimentações DNIT (2006), as camadas do pavimento são descritas como:

- Pavimento: Estrutura construída após a terraplanagem que tende à:
 - Resistir e distribuir as cargas provenientes do tráfego ao subleito;
 - Gerar melhores condições de rolamento, sendo elas confortam e segurança;
 - Resistir a esforços horizontais, que tende a deixar mais duradoura a superfície;
- Subleito: Hage como fundação do pavimento;
- Leito: superfície obtida pela terraplanagem ou obra de arte e conformada ao seu greide e perfis transversais;
- Greide do leito: é o perfil do eixo longitudinal do leito;
- Regularização: é a cama posta sobre o leito, destinada a conforma-lo transversal e longitudinalmente de acordo com as especificações, logo a regularização não

constitui uma cama do pavimento, pode ser reduzida em corte do leito implantado ou em sobreposição a este, de camada com espessura variável;

- Reforço do subleito: Cama de espessura constante, íporta por circunstancias técnicas e econômicas, acima da de regularização, com características geotécnicas inferiores ao material usado na cama que lhe for superior, porem melhores que o material do subleito;
- Sub-base: Camada complementar a base, quando por circunstância técnicas e econômicas não for aconselhável construir a base diretamente sobre a regularização;
- Base: Camada destinada a resistir e distribuir os esforços oriundos do tráfego e sobre a qual constrói o revestimento;
- Revestimento: Camada, tanto quanto possível impermeável, que recebe diretamente a ação do rolamento dos veículos e destinada a melhora-la, quanto a comodidade e segurança e a resistir ao desgaste.

Esta capa de revestimento criada podendo ser tanto impermeável como permeável, tem como suas principais funções dar melhoria no tráfego, na área de rolamento dos veículos e em consequência disto melhorando também as condições de segurança e de conforto dos condutores e passageiros dos rodantes em geral.

O Manual de Pavimentação do DNIT (2006) classifica os pavimentos em três tipos sendo eles flexíveis, semirrígidos e rígidos.

- Flexíveis: Todo pavimento que todas as suas camadas sofrem algum tipo de deformação elástica que pode ser consideravelmente significativa sobre o carregamento aplica sobre o mesmo.
- Semirrígidos: Caracteriza-se por uma base cimentada por algum aglutinante com propriedades cimentícias;

- Rígido: Todo pavimento que por si possui uma elevada rigidez em relação as camadas inferiores, em reação a isso essa camada absorve praticamente toadas as tenções provenientes do carregamento.

6. CONDUTIBILIDADE HIDRÁULICA

A lamina de água formada sobre o pavimento tende a ser um grade agente na redução da segurança dos condutores, pelo motivo desta lamina de água ocasionar no fenômeno de aquaplanagem do veículo que por sua vez pode interferir no controle do mesmo e estabilidade do mesmo, o spray de água projetado por outros veículos também é outro fator que influencia na segurança dos condutores onde reduz momentaneamente a visibilidade do condutor. Logo pode ser considerado com uma solução a utilização do CPA para a redução destes fenômenos que interfere diretamente com a segurança dos condutores.

Figura 2: Capacidade de absorção do CPA



Fonte: Construindo (2015).

De acordo com DUMKE (2005), os vazios eficazes são responsáveis pela permeabilidade constante da via, por serem comunicantes permitem que a água possa fluir com maior facilidade entre os vazios para fora da pista de rolamento. Ainda afirma que

esses canais formados pelos vazios comunicantes no inferior da camada de revestimento são capazes de drenar uma grande porcentagem de água proveniente da chuva.

A avaliação de permeabilidade pode ser realizada por diversos métodos, porém normalmente são realizados através de diversos permeômetros. Onde são mais regularmente utilizados na avaliação de revestimentos drenantes, onde esses permeômetros se classificam em permeômetros de carga hidráulica variável e permeômetro de carga hidráulica constante DUMKE (2005).

- a. Permeômetros de carga hidráulica variável: Funciona em regime transitório do escoamento e permite que determinado volume de água escoe entre uma determinada área da superfície drenante;
- b. Permeômetros de carga hidráulica constante: Funciona através de equipamentos automáticos, como compressor de ar comprimido, bomba centrífuga e conjunto eletrônico para a medida de permeabilidade.

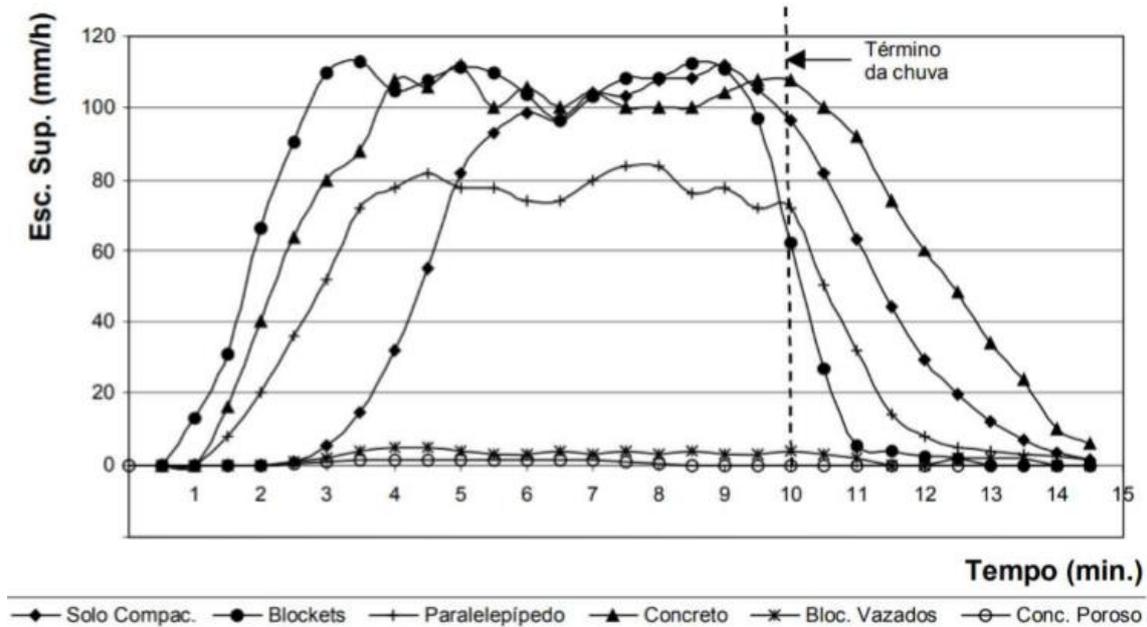
7. REDUÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS

Com o aumento da área permeável proveniente da pavimentação de vias rodantes, há uma necessidade de organizar modos de gestão para as águas pluviais. Onde via mais antigas a gestão estabelecida foi tomada para suprir as necessidades no momento em que tais vias foram construídas, onde muitas vezes as dutos dimensionadas não suprem o volume de água provido da precipitação da chuva.

Onde o processo natural de drenagem através do solo é muitas vezes impedido por essa área permeável, desta forma interferindo diretamente no ciclo hidrológico. Onde tal problema tende a gerar tanto impactos ambientais como de infraestrutura, como:

- a) Aumento do escoamento superficial;
- b) Aumento da frequência de alagamentos;
- c) Redução da umidade do solo;
- d) Redução do escoamento para rios e lagos;
- e) Aumento de escoamento de poluentes através dos alagamentos.

Gráfico 1: Escoamento em diversos tipos de superfícies.



Fonte: Araujo, Tucci e Goldenfum (2000).

Onde uma solução para a redução para impactos ambientais quanto para infraestrutura, é o CPA por ser uma cama porosa e possuir uma grande porcentagem de vazios, tende a facilitar a permeabilidade da água precipitada pela chuva. Onde os poros comunicantes do CPA tendem a facilitar fluidez da água até o solo, desta forma reduzindo o escoamento superficial, reduzindo a sobrecarga dos sistemas coletores de águas pluviais.

8. RUÍDOS

Ruído é definido por sons de frequência desagradável, sendo um fenômeno físico onde se tem uma mistura de sons com diferentes frequências. Constituído pela grande quantidade de vibrações acústicas. Pelo CPA possuir uma grande quantidade de vazios, o que também facilita a absorção do ar, desta forma obtendo uma redução na geração e propagação de ruídos.

8.1 REDUÇÃO DE RUIDOS

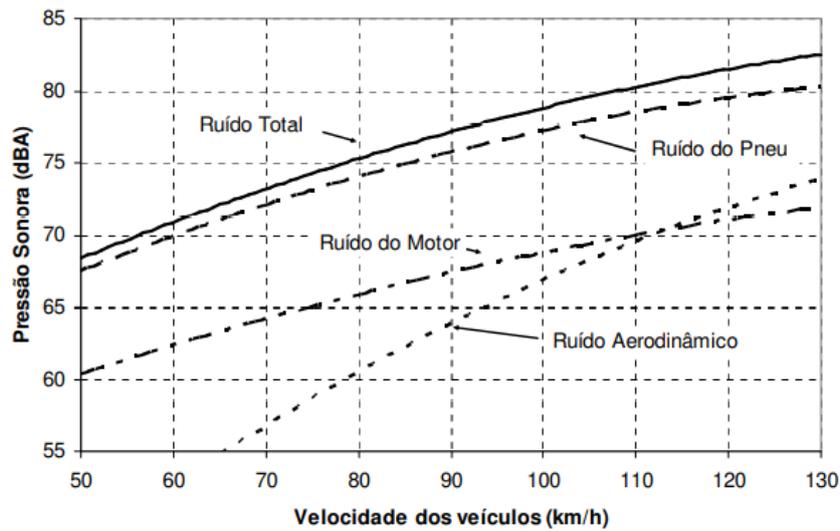
Tendo como principal meio de transporte no Brasil o modal rodoviário, sendo de passageiros ou de cargas, é notável que o mesmo venha a gerar impactos ambientais, desde o início da implantação deste sistema rodoviário até a sua conclusão, e a, rodagem de veículos sobre tal.

Sendo assim um grande modal de poluição a geração de ruídos pela rodagem de veículos. Tem-se o conhecimento de que no Brasil existe um veículo para cada cinco habitantes (DENATRAN), tendo um grande crescimento nos últimos dez anos. Com este crescimento é muito perceptível esta poluição causada pelos ruídos.

Onde no senso comum, ruído significa som ou poluição sonora não desejada. A geração deste ruído se dá pelo atrito pneu/pavimento, as vibrações sonoras possuem a tendência a se propagarem de forma uniforme e em todas as direções, desde que não haja nenhum obstáculo que venha a dissipar a propagação dessa vibração em determinada direção.

Não desconsiderando a complexidade da geração de ruídos causados pelo atrito pneu/pavimento. Onde há diversos fatores que venham a contribuir para o conhecimento da mesma, como o tipo de pavimento utilizando levando em consideração a sua textura a qual o tipo de agregado foi utilizado neste pavimento, há também a variância do veículo tanto com sua velocidade como sua aerodinâmica e também o tipo de pneu utilizado pelo veículo rodante.

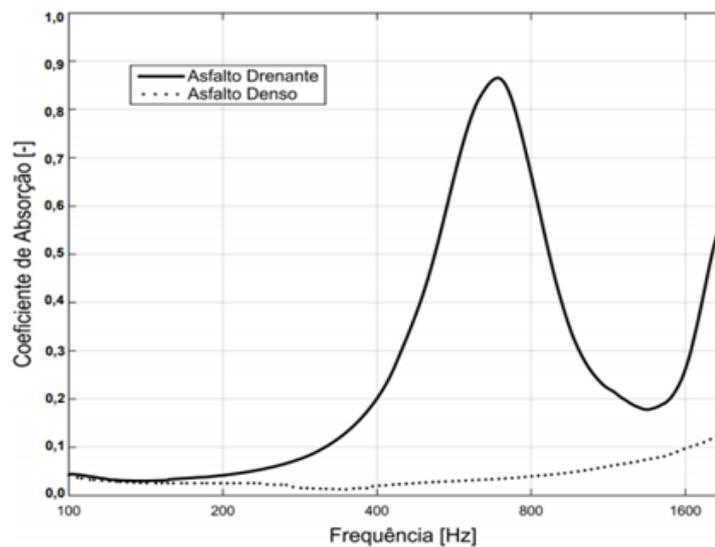
Gráfico 2: Influência na geração de ruídos por diversas variáveis.



Fonte: HANSON, JAMES, NESMITH (2004)

O CPA, por ser uma camada porosa, possui propriedades acústicas, que possuem uma ótima solução para a redução da propagação dos ruídos que são gerados pelo atrito pneu/pavimento. Este tipo de pavimento por possuir uma grande quantidade de vazios possui tanto a função de drenagem de água como de ar, em consequência disto tende diminuir seus ruídos em cerca de 3 e 5 dB. A porosidade faz com que a propagação das vibrações sonoras causadas pelo atrito pneu/pavimento sejam reduzidas.

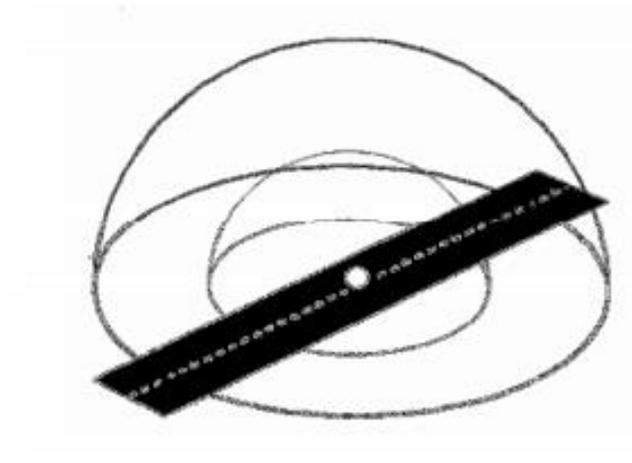
Gráfico 3: Exemplo de estimativa do coeficiente de absorção de um asfalto drenante e um asfalto denso.



Fonte: Mareze, Epecht, Dresch, Fonseca (2017).

O ruído gerado pode se propagar de diversas formas, o que depende diretamente de onde se encontra o objeto, sendo neste caso um veículo. Onde está sendo gerada tende-se a se propagar uniformemente na forma esférica, considerando apenas este tipo de propagação no caso do veículo ser pontual, ou seja, haja apenas um veículo na rodovia, ou até mesmo uma via haja pouco trânsito BISTAFA (2006).

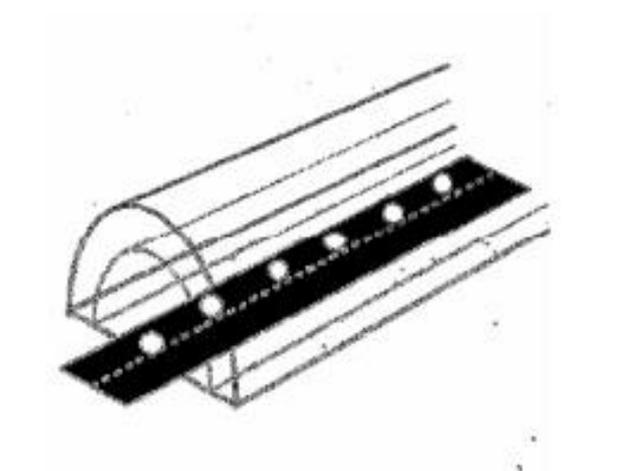
Figura 3: Propagação pontual do som.



Fonte: BISTAFA (2006).

Para BISTAFA (2006) em vias onde o trânsito de veículos é mais concentrado e mais frequente, a propagação dos ruídos gerados se propaga de uma forma diferente, pela quantidade de pontos geradores de som, tendo a sua propagação semelhante a uma forma cilíndrica.

Figura 4: Propagação de diversos pontos som.



Fonte: BISTAFA (2006).

Tendo também em consideração outro impacto que o ruído gerado pode causar, é a desvalorização de imóveis alocados próximos a rodovias. Há um estudo que aponta que a cada 1 dB o imóvel pode desvalorizar em média 1% estudo realizado Agência de Proteção Ambiental Dinamarquesa (2003). O que é um ponto um tanto interessante a ser considerado junto aos demais impactos ambientais.

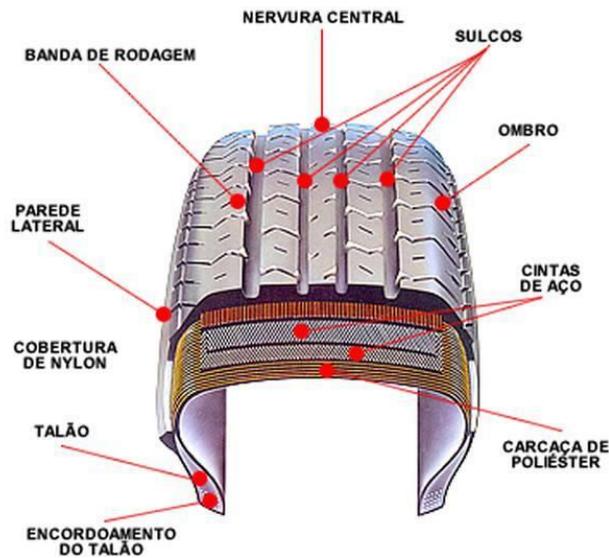
8.2 ATRITO PNEU/PAVIMENTO

Para BENDTSEN E ANDERSEN (2006), veículos que circulam acima de 40 Km/h consta-se predominante o ruído gerado pelo atrito pneu/pavimento, já os demais mecanismos também responsáveis por parte dos ruídos gerados, são praticamente extinguidos quando o veículo ultrapassa a velocidade de 40 Km/h. Já quando estão circulando a uma velocidade inferior, é notável os ruídos gerados por motor, refrigeração, escapamento dentre outros mecanismos necessários para o funcionamento do veículo.

Já para FEHRL (2006), estes ruídos gerados pelo atrito pneu/pavimento são causadas por três principais motivos, o que ele chamou de impactos e choques que seria a oscilação do pneu com o pavimentos em desníveis, buracos, o quaisquer obstáculos que o pneu acabe tendo alguma oscilação de contato com o pavimento, e o que nomeou de bombeamento de ar, o que nada mais é que o ar que passa pelos sulcos, barras, ombro e ranhura que se encontram na banda de rodagem do pneu.

SANTOS (2007) classificou os ruídos que são geração pelo atrito pneu/pavimento em dois, sendo ele mecânicos, como velocidade do veículo, a resistência do pneu e do pavimento, e aerodinâmicos que se deve considerar o tipo do pneu que o veículo utiliza já que cada tipo de pneu possui sulcos e ranhuras diferentes e a aerodinâmica do veículos.

Figura 5: Partes de um pneu.



Fonte: Knabben (2011).

- **Banda de rodagem** – parte do pneu que está em contato direto com o pavimento, sua principal função consiste em resistir a atritos e evitar cortes e perfurações.
- **Sulcos** – Espaços existentes na banda de rodagem, que tem como função drenar a água, evitar deslizamentos e refrigerar o pneu, também responsável por determinar a aderência do pneu com o pavimento molhado e seco.
- **Ranhuras** – Auxilia na drenagem de água e a resfriar o pneu, também responsável por diminuir os ruídos.
- **Ombro** – Responsável por aguentar a transferência de carga em curvas.
- **BARRA** – Parte onde o motor exerce tração, parte que está em contato direto com o pavimento.

8.3 RUIDO COM ÁGUA NA VIA

Um grande fator que influencia na geração de ruídos, é a presença de água na pista, porém, deve-se levar em conta a quantidade de água na pista. Onde a pista que possui uma lâmina de água consideravelmente pequena se tem um aumento na geração de ruídos por veículos, já a pista úmida possui uma variância muito pequena em relação a pista rodante seca.

De acordo com SANTOS (2007), a geração de ruídos está diretamente ligada com as condições das pistas, a mesma estando seca ou molhada, o tipo do veículo e a velocidade em que o mesmo está circulando, pode ocasionar em um aumento em média de dB.

Segundo BENDTSEN (2006) qualquer tipo de pavimento que venha a conseguir uma redução considerável em média de 8 dB pode ser classificado como um pavimento silencioso, ou seja, um pavimento que por meio da sua composição e e/ou estrutura venha por algum meio a absorção dos ruídos gerados.

Onde a Camada Porosa de Atrito (CPA) também se classifica, por conter um espaço de vazios com a variância de 18% a 25%, no qual tem a função da absorção e redução da película de água no pavimento, redução da projeção de spray de água e também a absorção dos ruídos que são transferidos para esse espaço vazio.

9. RESISTENCIA MECÂNICA

De acordo com o DNER-ES a composição da Camada Porosa de Atrito é constituída por agregados graúdos, agregados miúdos, material de enchimento (filer) e cimento asfáltico modificado com polímero SBS ou não.

Tabela 1 –Requisitos de tolerando granulométrica para dosagem do CPA.

Peneira de malha quadrada		Porcentagem passando, em peso (faixas)					Tolerância na curva de projeto (%)
ABNT	Abertura, mm	I	II	III	IV	V	
3/4"	19,0	-	-	-	-	100	-
1/2"	12,5	100	100	100	100	70-100	± 7
3/8"	9,5	80-100	70-100	80-90	70-90	50-80	± 7
Nº 4	4,8	20-40	20-40	40-50	15-30	18-30	± 5
Nº 10	2,0	12-20	5-20	10-18	10-22	10-22	± 5
Nº 40	0,42	8-14	-	6-12	6-13	6-13	± 5
Nº 80	0,18	-	2-8	-	-	-	± 3
Nº 200	0,075	3-5	0-4	3-6	3-6	3-6	± 2
Ligante polimerizado solúvel no tricloroetileno, %		4,0 - 6,0					± 0,3

Fonte: (DNER – ES-388/99).

9.1 AGREGADOS GRAÚDOS

O agregado graúdo como brita 0 e brita 1, pedregulhos ou escória, considera-se graúdo qualquer agregado que venha a ficar retido em peneiras de número 4, uma malha com aberturas quadradas de 4,8mm de espaçamento de cada abertura, estando livre de torrões de terra e argila e substancias nocivas.

Tabela 2 – classificação de agregados graúdos segundo.

Peneiras	Porcentagens retidas acumuladas				
	Classificação (Graduação)				
	0	1	2	3	4
76	-	-	-	-	0
63	-	-	-	-	0 - 30
50	-	-	-	0	75 - 100
38	-	-	-	0 - 30	90 - 100
32	-	-	0	75 - 100	95 - 100
25	-	0	0 - 25	87 - 100	-
19	-	0 - 10	75 - 100	95 - 100	-
12,5	0	-	90 - 100	-	-
9,5	0 - 10	80 - 100	95 - 100	-	-
6,3	-	92 - 100	-	-	-
4,8	80 - 100	95 - 100	-	-	-
2,4	95 - 100	-	-	-	-

Fonte: NBR 721.

9.2 AGREGADOS MIÚDOS

Os agregados miúdos podem ser constituídos por areia e pó de pedra, ou uma mistura de ambos, agregados que passem pela malha de 4,8 e fiquem retidas na peneira de malha 150 μ m, também dever estar livres de torrões de terra e argila e demais substancia nocivas

Tabela 3 – classificação de agregados graúdos.

Peneira com abertura de malha (ABNT NBR NM ISO 3310-1)	Porcentagem, em massa, retida acumulada			
	Limites inferiores		Limites superiores	
	Zona utilizável	Zona ótima	Zona ótima	Zona utilizável
9,5 mm	0	0	0	0
6,3 mm	0	0	0	7
4,75 mm	0	0	5	10
2,36 mm	0	10	20	25
1,18 mm	5	20	30	50
600 μ m	15	35	55	70
300 μ m	50	65	85	95
150 μ m	85	90	95	100

Fonte: NBR 7211.

9.3 MATERIAL DE ENCHIMENTO (FILER)

São agregados que possuem graduação que podem variar de 0,005mm a 0,075mm, os grãos de filer possuem grandeza semelhante à do cimento, que passam por peneiras de número 200 com aberturas na sua malha de 0,075mm. Constituídos por minerais livres de grumos como, cimento, cal, pó calcário, cinza volante.

9.4 RESISTENCIA

Para BALBO (2007) a degradação nos pontos de ligação entre o agregado e o ligante, principalmente em consequência deste tipo de pavimento ser poroso e possuir um grande de espaços de vazios, o que facilita a permeabilidade e água, o que facilita a degradação deste ligante. Em seus estudos ainda afirma que misturas do tipo abertas, que é o caso do CPA, quando o concreto asfáltico é misturado com polímeros ou outras fibras seu desgaste pode ser reduzido drasticamente.

ROSENO (2005) afirma que em seus estudos sobre RT e testes realizados com corpos de prova, observou-se que os corpos de prova que possuíam cerca de 12% a 13% de índice de vazios tiveram um resistência a tração em uma média de 0,45Mpa, os corpos de prova que possuíam um índice de 17% a 19% de vazios, sua resistência seguiu basicamente constante em 0,30Mpa

PUNITH (2012) também afirma que a utilização de ligante modificado por algum polímero, onde este ligante utilizado no CPA obteve uma redução em sua perda de abrasão em 26% a 29%. Com a mistura não modificada por polímero por ter o teor ligante inferior a mistura modificada a perda por abrasão se torna maior.

Para HOMEM (202) misturas que possuem seu teor ligante aproximado a 4,5% e o seu teor de fibras em cerca de 0,4% possuem uma resistência superior a deformação permanente no pavimento, sendo assim misturas que possuem teores superiores tem uma maior probabilidade de terem deformações permanentes.

10.METODOLOGIA DE PESQUISA

O desenvolvimento do presente estudo teve sua execução por meio de pesquisa bibliográfica, que por sua vez teve seu intuito de recolher dados relevantes ao presente tema - Camada Porosa de Atrito – CPA – tendo apresentação de conceitos importantes para a compreensão e contextualização do estudo. Onde foram expostos os principais pontos positivos na implantação de um pavimento do tipo poroso.

Onde a pesquisa elaborada teve seu foco em obter resultados qualitativos, avaliando os diversos pontos de vista sobre a funcionalidade e viabilidade de aplicação deste tipo de mistura asfáltica.

11. CONCLUSÃO

A expansão das cidades tem como grande impacto a impermeabilização do solo em grandes áreas, sendo uma delas a pavimentação de vias. Tendo como seu principal problema a dificuldade de vencer a quantidade de água causada pela precipitação da chuva sobre a via. Onde mesmo havendo sarjetas, a película de água ainda se mantém em grande quantidade. Apesar desse tipo de pavimento possuir um valor superior a camadas de revestimento mais comuns, o mesmo vem a ter mais benefícios, incluindo o seu tempo de vida quando modificado por algum polímero

A utilização da Camada Porosa de Atrito – CPA – é uma solução benéfica tanto para o tráfego quanto para o meio ambiente. Onde para o tráfego, reduz drasticamente a possibilidade de aquaplanagem dos veículos, a redução na projeção de spray de água em demais veículos, o aumento de atrito entre pneu/pavimento, aumento da segurança e do conforto dos condutores. Para o meio ambiente, a pouca interferência no ciclo hidrológico, possibilitando ainda uma grande permeabilidade do próprio solo, redução da probabilidade de enchentes, ocasionada pela facilidade de permeabilidade de água.

Visando sempre a modernização acompanhada da redução de impactos ambientais, desta forma elaborando uma melhor gestão para o avanço da população, onde será possível obter cidades mais ecológicas e com uma melhor qualidade de vida para a população. Buscando encontrar novas tecnologias que venham a ser mais viáveis tanto em utilização de matéria prima, custo e menor índice de impactos ambientais.

REFERÊNCIAS

FERREIRA, W.L.G.F.; BRANCO, V.T.C.B., **Numérica do fluxo d'água em pavimentos flexíveis compostos por diferentes misturas asfálticas**. 2015. Fortaleza – CE. UFC. PETRAM. Acesso em 23 de mar. 2020.

PRADO, L.A.P; PALMA, G.P. **Metodologia analítica para estimativa da lâmina d'água em pavimentos aeroportuários**. 2012. Acesso em 23 de mar. 2020.

DAIBERT, R.F.D.; BASHIERA, B.G.B.; SUZUKI, C.Y.S.; SANTOS, C.R.G.S.; ALBERTO, V.M.A.; KABBACH, F.I.K.J. **Estudo da aplicação de camada porosa de atrito (CPA) para redução de acidentes em dias chuvosos em trecho experimental**. 2018. Sorocaba – SP. Acesso em 23 de mar. 2020.

TERRA, D.L.R.T.; COSTA, T.F.C.; FARIA, L.P.P.F.; RAMOS, F.G.M.P.R.; **Estudo da aplicabilidade do concreto poroso asfáltico**. v. 3, n. 2, p. 179-201, ago./dez. 2017. ISSN 2359-5302. Acesso em 23 de mar. 2020.

SCHNEIDER, D.S.; MENDES, G.T.L.M.; FRANSOZI, C.B.P.F.; MATTOS, J.R.G.M. **Comportamento hidráulico e mecânico de uma mistura asfáltica aberta enquadrada como camada porosa de atrito**. 2019. 33º Congresso de Pesquisa e Ensino Transportes da ANPET. P 1624-1635. Balneário Camboriú – SC. Acesso em 24 de mar. 2020.

MAIA, R.S.M.; ALECRIM, C.M.C.A.; BRANCO, V.T.F.C.B.; CUNTO, F.J.C.C. **Avaliação do impacto da utilização de revestimentos do tipo Camada Porosa de Atrito (CPA) no Desempenho da Segurança Viária (DSV) em meio urbano**. 2019. 33º Congresso de Pesquisa e Ensino Transportes da ANPET. P 3684-3695. Balneário Camboriú – SC. Acesso em 26 de mar. 2020.

BERTO, L.K.B.; GODOI, R.G.; AMARO, L.P.A.; CORSO, M.C. RIBEIRO, J.R.R.; REZENDE, L.C.S.H.R. **Análise da relação entre a permeabilidade e as características mecânicas do revestimento asfáltico permeável**. Revista da Universidade Vale do Rio

Verde ISSN: 1517-0276 / EISSN: 2236-5362 v. 16 | n. 2 | Ano 2018. Betim – MG. Acesso em 26 de mar. 2020.

QUARIGUASI, J.B.F.Q.; ALMEIDA, L.C.A.; OLIVEIRA, F.H.L.O. **Análise da aderência pneu-pavimento aeroportuário em revestimento de camada porosa de atrito**. 2018. 32º Congresso de Pesquisa e Ensino Transportes da ANPET. P 1099-1109. Gramado – RS. Acesso em 09 de abr. 2020.

DNIT (Departamento Nacional de Infraestruturas de Transportes). **Manual de Pavimentação**. 2006. Acesso em 10 de abr. 2020.

BERNUCCI, L. B.; MOTTA, L. M.; CERATTI, J. A. P.; SOARES, J. B.. **Pavimentação Asfáltica: Formação Básica para Engenheiros**. 1. ed. Rio de Janeiro, RJ. 2006. Acesso em 15 de abr. 2020.

BISTAFA, S.R. **Acustica aplicada ao controle de ruído**. 1 ed. São Paulo. Ed. Bulcher, 2006. Acesso em 03 de set. 2020.

BENDTSEN, H. **Review of existing low noise surfaces**. Technical Conference, Madrid, 2006. Acesso em 13 de set. 2020.

DUMKE, M. P. **Concreto Asfáltico Drenante com Fibras de Celulose, Ligante Modificado por Polímero e Asfalto_Borracha**. USFC – Florianópolis – SC 2005. Acesso em 27 de set. 2020.

FEHRL. **Guidance Manual for the Implementation of Low-Noise Road Surfaces**. SILVIA - Sustainable road surfaces for traffic noise control. Brussels, Belgium, 2006. Acesso em 27 de set. 2020.

FREITAS, E. F.; PEREIRA, P. A. A.; SANTOS, L. G. P.; SANTOS, A. P. S. **A Influência da Água no Ruído Produzido pelo Tráfego Rodoviário**. 2007. Acesso em 06 de out. 2020.

HANSON, I.; JAMES, S.; NESMITH, C. **Tire/Pavement Noise Study**. NCAT – National Center for Asphalt Technology. Auburn, EUA 2004. 44 P. Acesso em 19 de out. 2020.

BALBO, J.T. **Pavimentação asfáltica: materiais, projeto e restauração**. São Paulo – Oficina de textos – 2007. Acesso em 23 de out. 2020.

HOMEM, T. da R. **Comportamento de misturas asfálticas porosas com ligante modificados por polímeros e adição de fibras**. UFRGS – Porto Alegre RS – 2002. Acesso em 23 de out. 2020.

DNER-ME 083/98 – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem – **Agregados – análise granulométrica**. Acesso em 26 de out. 2020.

DNER-ME 043/95 – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem – **Misturas betuminosas a quente – ensaio Marshall**. Acesso em 08 de nov. 2020.

DNER-ES 386/99 – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem – **Pavimentação – pré-misturados a quente com asfalta polímero – camada porosa de atrito**. Acesso em 08 de nov. 2020.