

ASFALTO BORRACHA COMO ALTERNATIVA NA PAVIMENTAÇÃO DE VIAS URBANAS DE LOTEAMENTOS NA CIDADE DE SÃO MATEUS/ES

Chayany Ferreira de Oliveira¹, Fabiano de Oliveira Dussoni², Weliton Ferrareis³, Beverson Beltrame⁴

1 – Acadêmico do curso de Engenharia Civil

2 – Acadêmico do curso de Engenharia Civil

3 – Acadêmico do curso de Engenharia Civil

4 – Engenheiro Civil – Professor Multivix – São Mateus

RESUMO

Como em todos os setores da indústria, a construção civil gera muito impacto sobre o meio ambiente, tanto na extração de matéria-prima, como na geração de resíduos sólidos no processo construtivo. Por isso, é de extrema importância a busca por tecnologias viáveis a mitigação de impactos nocivos aos recursos naturais. O asfalto borracha é uma dessas alternativas, pois utiliza os pneus inservíveis que seriam descartados. Este estudo analisou a viabilidade da utilização do asfalto borracha na pavimentação de vias de novos loteamentos na cidade de São Mateus/ES. Para ter maiores conhecimentos sobre a técnica, foi realizada uma pesquisa bibliográfica sobre o modo de fabricação e aplicação desse tipo de pavimento, bem como as vantagens e desvantagens do asfalto ecológico em comparação ao convencional. Também foi realizada uma entrevista com a Soma Urbanismo que relatou que utilizam bloco inter-travado, porém é uma empresa que busca novas alternativas para seus empreendimentos. Portanto, o asfalto borracha tem grande potencial como pavimento de vias pois é economicamente viável e de fácil aplicação, além de ser ecológico.

Palavras Chave: Asfalto-borracha. Loteamento. Ecológico.

ABSTRACT

As in all sectors of industry, civil construction generates a lot of impact on the environment, both in the extraction of raw materials and in the generation of solid waste in the construction process. Therefore, it is extremely important to search for viable technologies to mitigate harmful impacts on natural resources. Rubber asphalt is one of these alternatives, as it uses waste tires that would otherwise be discarded. This study analyzed the feasibility of using rubber asphalt in the paving of roads in new subdivisions in the city of São Mateus/ES. In order to have greater knowledge about the technique, a bibliographic research was carried out on the way of manufacturing and application of this type of pavement, as well as the advantages and disadvantages of ecological asphalt compared to conventional. An interview was also carried out with Soma Urbanismo, which reported that they use interlocking blocks, but it is a company that seeks new alternatives for its projects. Therefore, rubber asphalt has great potential as road pavement because it is economically viable and easy to apply, in addition to being ecological.

Keywords: Asphalt-rubber. Allotment. Ecological.

1. INTRODUÇÃO

O crescimento acelerado dos grandes centros urbanos tem sido cada vez mais notório. Desde a chegada de grandes polos industriais no Brasil, que se concentraram em cidades de potencial como Salvador, São Paulo, Rio de Janeiro, dentre outras, que se intensificou o processo de Êxodo Rural, onde pessoas migravam do interior do Nordeste (em principal) (SOUSA, FRENDA E GUSMÃO, 2009), com o objetivo de melhoria de vida, através do trabalho bem remunerado. Com isso, houve o adensamento das cidades, que por sua vez demandava maior número de moradias, bem como, teoricamente uma infraestrutura de saneamento básico.

O setor da construção civil se destaca pelo volume exorbitante de resíduo sólido que necessita de um descarte final, que em maioria das vezes é realizado de forma incorreta. Aliando a necessidade de mitigação dos impactos negativos ao meio ambiente e “a ideia de um possível esgotamento dos recursos naturais constituiu nos inícios dos anos setenta, com o relatório Meadows, uma das primeiras manifestações de uma consciência ecológica mundial [...]” (IBIDEM apud GUERRA, 2012, p. 26), construtoras e pesquisadores vêm buscando alternativas de tecnologias de reaproveitamento e reciclagem esses resíduos.

O asfalto borracha surgiu dessa necessidade de contribuição ecológica e melhoramento de técnicas construtivas, pois é adicionado à massa do asfalto convencional agregados de pneus inservíveis. Porém, essa tecnologia é viável, no ponto de vista técnico e financeiro, na pavimentação de vias urbanas de novos loteamentos na cidade de São Mateus/ES?

Visando esse novo modelo de crescimento urbano, associado à preservação ambiental, vê-se a necessidade de trabalhos acadêmicos voltados para a investigação de viabilidades de novas tecnologias que visam a solução dessas problemáticas levantadas. Como foi dito, uma dessas alternativas é o asfalto ecológico que pode ser viável para a pavimentação das vias desses novos loteamentos.

A utilização do asfalto com adição de borracha será estudada para a finalidade de aplicabilidade na pavimentação de vias públicas de novos loteamentos na cidade de São Mateus/ES, como alternativa de substituição pelo material de calçamento mais utilizado, que será investigado através de questionário aplicado à

empresa Soma Urbanismo que constrói e projeta loteamentos para a municipalidade.

Foi feita uma pesquisa bibliográfica para identificar as características físicas do asfalto ecológico como, por exemplo, fabricação e aplicação, isso para ser possível estudar se gera alteração de projeto.

O asfalto borracha é uma excelente opção quando se trata da viabilidade financeira, pois é uma alternativa de custo de produção menor, além de ser sustentável.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 PAVIMENTAÇÃO ECOLÓGICA – ASFALTO BORRACHA

A construção civil, como em diversos outros setores da indústria mundial, vem observando a necessidade de elaboração e implementação de tecnologias que aliam a economia financeira dentro do canteiro de produção, mas o mais importante que mitigam impactos nocivos causados ao meio ambiente.

Como exemplo de uma dessas tecnologias, existe o asfalto ecológico, ou seja, uma massa asfáltica produzida com a adição de borracha proveniente de pneus inservíveis, que na maioria dos casos seriam descartados de forma incorreta no meio ambiente (ZATARIN, 2017). Segundo o Ministério do Meio Ambiente (2016), no Brasil são descartados algo em torno de 21 milhões de pneus/ano. Produzido basicamente por borracha e fios de aço, que o classifica como material inerte de tempo indeterminado de degradação (OLIVEIRA, 2015).

O asfalto-borracha, surgiu da necessidade de melhorar suas propriedades físicas (elástica) e vida útil da via, onde foi adicionado o látex e os polímeros na massa asfáltica. Foi então que em 1940, que a empresa U. S. Rubber Reclaiming Company começou a utilizar a borracha reciclada a partir de pneus inservíveis. Essa tecnologia foi chamada de Ramflex (ODA, 2000; PILATI, 2008).

No Brasil a Greca Asfaltos Ltda, foi a primeira empresa a utilizar essa tecnologia na pavimentação de vias públicas no estado do Rio Grande do Sul, no ano de 2001, executando um trecho de aproximadamente dois mil quilômetros (GRECA, 2014).

Para entender melhor a possibilidade de adição da borracha na massa asfáltica, primeiramente é viável entender como é o processo de fabricação da

massa asfáltica convencional, que pode ocorrer de duas maneiras (BERNUCCI et al, 2010):

(i) Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) - é realizada a mistura de agregados de diversos diâmetros e Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP). São levados à temperatura previamente estabelecidas de acordo a viscosidade do ligante que se pretende ter como produto final;

(ii) Pré-mistura a Frio (PMF) – é o resultado da mistura de Emulsão Asfáltica de Petróleo (EAP) e agregado graúdos e miúdos para enchimento, por isso permite estocagem.

A borracha reciclada pode ser introduzida à massa asfáltica de duas formas distintas podendo ser Via Seco e Via Úmido.

Como explicou Visser e Verhaeghe (2000), no processo de introdução da borracha no modo Via Úmido, as partículas são incorporadas à massa no seguinte processo: o ligante é aquecido à uma temperatura de 190°C, é importante ressaltar que é o mesmo ligante utilizado no asfalto convencional, após atingir a temperatura que deve ser uniforme, o ligante é levado a um outro tanque, para que não haja a segregação da borracha quando adicionada ao ligante, a mistura é realizada. As partículas devem ter bitola inferior a 2mm. Ao ser introduzida ao ligante as partículas formam uma proteção externa em gel, o que aumenta sua viscosidade.

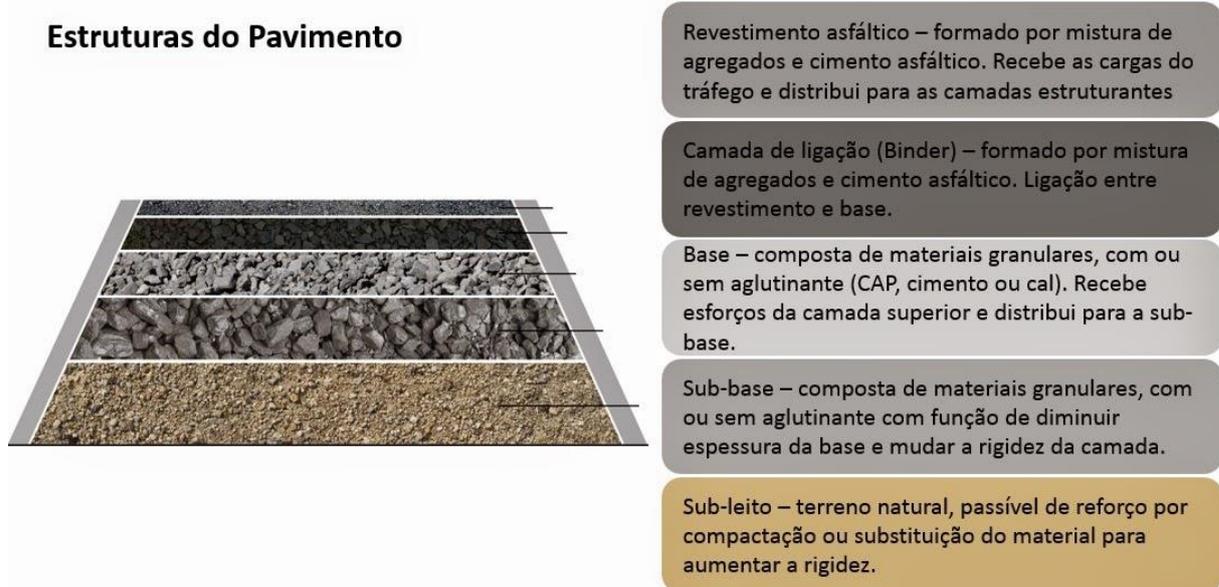
Ainda no processo Via Úmido, existem duas formas de produção do asfalto ecológico, o Continuous Blend, onde a borracha é submetida a temperaturas altas, em cisalhamento, causando a despolimerização e desvulganização, o que o torna um material viscoso, porém sem derretimento das partículas, como explicam Netto e Reis (2015), pode ser realizado no próprio canteiro de obras.

O outro método é o Terminal Blend, com o auxílio de movimentação mecânica com o emprego de calor, através da digestão térmica, as partículas se tornam agregadas ao ligante, formando uma massa uniforme e quando fria se estabiliza, viabilizando sua estocagem, esse processo é feito em uma usina (DIAS, 2005).

Voltando à classificação dos processos de adição de borracha na massa convencional, a outra forma é a Via Seca, onde o agregado de borracha é aquecido a uma temperatura de 200°C por um tempo de 15 segundos, ou até as partículas dissolverem e se homogeneizarem com os agregados convencionais. Após, o ligante asfáltico é depositado na mistura através de usinagem (VISSER e VERHAEGHE, 2000).

A massa asfáltica produzida tanto no processo Via Seco ou Via Úmido é utilizada em pavimentação de vias públicas. A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), através da NBR-7207 (GRECA, 2010), regulamenta as camadas que devem conter na pavimentação asfáltica, para que apresente resistências às cargas de tráfego de veículos leves e pesados e resistência aos esforços horizontais, como representa o esquema da figura 1.

Figura 1 – Estrutura de camadas da pavimentação asfáltica



Fonte: Gewehr, 2015

Como se pode observar, a massa asfáltica modificada com a adição de borracha é utilizada na camada de revestimento, e segundo Pilati (2008), com essa alteração, as vias pavimentadas com o asfáltico ecológico apresentaram maior resistência a tração, o que diminui a incidência de aparecimento de trincas, aumentando a vida útil da estrada, além de várias outras vantagens que serão apresentadas no próximo capítulo.

2.2 VANTAGENS E DESVANTAGENS DA UTILIZAÇÃO DO ASFALTO BORRACHA EM COMPARAÇÃO AO ASFALTO CONVENCIONAL

O Asfalto Borracha surgiu da necessidade de melhoria do Asfalto Convencional, onde se observou que a adição de borracha à massa asfáltica, trazia benefícios tanto na vida útil da via, como também nas condições tráfego dos

utilitários. Como toda tecnologia inovadora, sua implementação gera dúvidas quanto as vantagens apresentadas, versus seu custo de execução (ZATARINI, 2017).

Com a adição da borracha, são incorporados materiais polímeros a mistura, ou seja, lineares amorfos que após submetidos a vulcanização, adquirem característica elástica. Como a borracha não se dissolve quanto acrescentada ao ligante quente, eles não se misturam, apenas se encorpam, tornando o pavimento mais flexível (FAXINA, 2006). O mesmo autor explica que essa flexibilidade não é possível acontecer no asfalto convencional, porque os polímeros são virgens, o que os torna sujeitos à separação, podendo ter mais incidência de trincas na via. Segundo Patriota (2004), de acordo com ensaios realizados com o asfalto com adição de borracha, com a adição de polímeros, houve melhorias nas propriedades dos ligantes. Os ensaios a serem realizados com o asfalto borracha são especificados em normas sendo elas a NBR 15235 (Variação máxima da massa), NBR 15086 (Recuperação elástica), NBR 6570 (Ponto de amolecimento), NBR 6576 (Porcentagem de penetração), de acordo com a obra de Bernucci (2010).

Ainda em comparação do Asfalto Ecológico com o asfalto convencional, em um estudo realizado por Netto e Reis (2015), feito através de ensaio em laboratório, a amostra com adição de borracha apresentou uma rigidez maior, alta viscosidade, elevada elasticidade e alto resistência ao cisalhamento que proporciona a via pavimentada um envelhecimento lento e redução no desgastes de trilho ocasionado pela circulação das rodas dos veículos, somado às cargas recorrentes. Com essa última vantagem, observa-se a possível diminuição em ocorrências de acidentes de trânsito, uma vez que, quando a via apresenta maior planície regular, o desvio de volante ou a tentativa de desvio de uma depressão no pavimento, é menor. Essas deformações também contribuem para o acúmulo de água na via, debilitando a drenagem pluvial (MARQUES, 2012).

Além das melhorias físicas apresentadas com relação à adição de borracha à massa convencional, outra vantagem é a contribuição da mitigação dos impactos negativos causados ao meio ambiente. Isso ocorre porque primeiro, o setor da construção civil é um grande gerador de resíduos sólidos que são descartados, na maioria das vezes, de forma inapropriada na natureza, causando desequilíbrio na fauna e na flora (SÁNCHEZ, 2008). Além de influenciar na saúde pública de circunvizinhos. Diante dessa problemática é necessário que a construção civil

busque tecnologias inovadoras, que visem a diminuição de dejetos e menor necessidade de recursos naturais (ZATARIN, 2017).

A borracha utilizada na massa asfáltica do Asfalto Borracha é proveniente de pneus inservíveis, evidenciando mais uma vez a vantagem ecológica dessa tecnologia, uma vez que esse item automobilístico só contém materiais inertes de difícil degradação, contando que são descartados em grandes volumes, é um objeto importante à proliferação de insetos causadores de doenças (CARVALHO, 2018).

Quanto às desvantagens apresentadas por esse método de melhoramento do asfalto convencional, dentre elas, evidenciam-se o custo de execução de uma via com o Asfalto Ecológico, que segundo Zatarin (2017), os custos iniciais são cinco vezes maiores, isso se atraindo o custo de execução, que engloba também o difícil transporte e a necessidade de mão de obra qualificada.

Porém, em um experimento realizado pela Greca Asfalto LTDA (2014), observou-se que um recapeamento de via feito com o Asfalto Convencional, após 98.000 ciclos de carga de eixo de 10tf, a via apresentou trincas, uma via em mesmas condições e recebendo mesma carga, mas recapeada com o asfalto borracha só apresentou trincas após 123.000 ciclos, o que evidencia menor custo de manutenção de via com o asfalto modificado.

Com relação ao custo, Zatarin (2017), exemplifica um caso onde uma obra de restauração de uma via de 30km, demandava 5cm de espessura da camada de revestimento com o asfalto convencional, em outro projeto para essa mesma via, foi feita a substituição pelo asfalto com adição de borracha, onde foi necessária apenas uma camada de 3,5cm de revestimento do Asfalto Ecológico, gerando uma redução de 30% de massa asfáltica.

2.3 TIPOS DE PAVIMENTAÇÃO DE VIAS URBANAS MAIS CONVENCIONAIS NO BRASIL

O crescimento da área urbana tem tido desde a época do êxodo rural vasta extensão, a infraestrutura urbana depende não somente da construção de residências, como também de obras de saneamento para atender as necessidades básicas da população. Essas obras consistem, na execução de rede de esgoto,

distribuição de água da rede pública, rede distribuição de energia elétrica, assim como também a pavimentação das vias.

Como conceitua Santana (1993), o pavimento é a estrutura que consiste na execução de uma via a partir da terraplanagem de uma área de circulação de pedestres, veículos e afins, que serve para oferecer conforto e segurança no trânsito de seus usuários.

A pavimentação tem grande contribuição no desenvolvimento e evolução da humanidade, facilitando o transporte de mercadorias, movimento e interagindo economias e produções de diferentes localidades, impulsionando a comercialização de materiais. A via urbana ao ser pavimentada, influencia diretamente na qualidade de vida de seus moradores, haja visto que facilita a mobilidade em tempos de chuvas, diminui a incidência de propagação de partículas de poeira e auxilia na circulação de veículos que possuem rodas (BETUSEAL, 2016).

O processo de calçamento de uma rodovia, rua ou via para que seja executada de forma eficaz é necessário que haja um estudo prévio de sua geografia, levando em consideração sua grade natural, a fim de haver a menor necessidade possível de cortes ou aterramentos. Para tanto, inicialmente o topógrafo traça os pontos de referência relevantes possíveis, podendo ser postes, cercas, pontos baixos, pontos intermediários etc. Os profissionais de engenharia civil ou arquitetura urbana, recebem essas referências e fazem o estudo da melhor distribuição e caída de água pluvial, pois, com uma melhor drenagem, a via apresentará melhor segurança e vida útil maior (MEDINA, 1997).

De acordo com a NBR-7207/82 (ABNT, 1982), o pavimento deve resistir aos esforços verticais causados pelo trânsito de veículos, proporcionar segurança e comodidade a seus usuários e resistir a esforços horizontais. Podendo ser classificados em três categorias: (i) Pavimento Flexível – não tem a função de trabalhar à tração. Basicamente, o betume é lançado sobre uma cama granular. (ii) Pavimento Semirrígido – Apresenta uma resistência intermediária à tração. (iii) Pavimento Rígido – Trabalha muito bem à tração, é constituído por placas de cimento Portland.

Para a elaboração de um projeto executivo de pavimento, são realizados estudos preliminares, pois o tipo de calçamento a ser escolhido dependerá da carga máxima legal a ser suportada (MARQUES, 2014) e volume de tráfego, onde são

estudados os volumes de tráfego atuais e projeções matemáticas de possível aumento de circulação (MEDINA, 1997).

A pavimentação contempla a execução de várias camadas como sub-leito, Sub-base e revestimento. Porém, esse estudo terá como foco a camada de revestimento, pois é onde é aplicada a massa asfáltica com adição de borracha.

A camada de revestimento do pavimento pode ser classificada como:

- (i) Rígidos – concreto de cimento (Cimento Portland, agregados, areia e água), macadame e Paralelepípedos (argamassa de cimento moldada);
- (ii) Flexíveis – Em solo estabilizado (lançamento de cascalhos ou material granulométrico sobre a terraplanagem), por calçamento (assentamento de blocos de concreto pré-moldados e articulares) e betuminosos (concreto asfáltico) (MARQUES, 2012).

Segundo Cunha (2013), na escolha do melhor método a ser utilizado, a fim de atender as normatizações relativas às características básicas de uma via, devem ser levadas em consideração a disponibilidade das matérias-primas da região, bem como, mão-de-obra qualificada para a execução do determinado método, equipamentos necessários como automóveis, ferramentas, localidade do canteiro de obra, tempo em que se deseja o término da obra e as tecnologias disponíveis.

2.3.1 Análise comparativa entre o asfalto convencional e o asfalto com adição de borracha

De acordo com a Greca Asfaltos (2010), o asfalto com adição de borracha é utilizado na execução de pavimentação, onde foram 9.000 km de obras realizadas, além de comercializarem produtos de manutenção rápida (ensacados). No decorrer dos 16 anos de utilização dessa técnica houve aperfeiçoamentos, chegando a 3ª geração do produto, para atender melhor às condições encontradas nas estradas brasileiras.

Quanto à vantagem financeira observada pela empresa do asfalto modificado com a borracha em relação ao convencional, o custo da tonelada tende a ser maior. Entretanto, é necessário avaliar os benefícios a longo prazo como, por exemplo, vida útil maior, menor manutenção do trecho e possível redução na espessura da camada de revestimento.

A empresa utiliza a “Contabilidade Ecológica” para calcular o total de pneus necessários na produção do asfalto borracha. Considera a princípio que em uma pista com 7 metros de largura são necessários 1.000 pneus para cada quilômetro de serviço realizado.

A Greca Asfaltos Ltda (2016) ressalta que a questão ambiental é uma das vantagens que mais destaca no produto. Sendo que desde 2001 foram utilizados mais de 9 milhões de pneus. A empresa possui parceria com a Strasse Reciclagem de Pneus Ltda. Essa empresa utiliza mão de obra penitenciária, colaborando com as comunidades locais.

O investimento inicial é cinco vezes maior porém, a longo prazo é financeiramente viável, uma vez que necessita de menor número de manutenção em sua vida útil. Além disso, conforme explica Zatarin *et al* (2016), outra vantagem observada é a redução do tempo na execução do asfalto borracha.

Pode-se notar que o asfalto ecológico é uma nova tecnologia que está sendo estudada como forma de melhoria da pavimentação convencional visto que, apresenta melhor elasticidade, durabilidade, aderência e menor deformação aparente, bem como redução de ruídos, além de contribuir significativamente com a redução de descarte incorreto de pneus inservíveis. Por fim, a tabela 1, mostra um comparativo de custo de uma obra de restauração de 30 km de extensão, em que o projeto especifica espessura de 5 cm para a utilização do asfalto convencional e espessura de 3,5 cm para o asfalto borracha, resultando em uma redução de 30 % na espessura. Para a execução dos 30 km de asfalto convencional, a usina responsável, no caso X, demandou 3 meses para sua finalização, enquanto que para a pavimentação com o asfalto de borracha para o mesmo trecho demorou 2 meses. Uma redução de 33% no tempo de execução deste para aquele.

Tabela 1 – Comparativo CBUQ Convencional x CBUQ com asfalto borracha

Revestimento em CBUQ convencional	Revestimento em CBUQ com Asfalto-borracha com redução de 30%
30.000 m x 7,00 m x 0,05 m x 2500 t/m ³ =26.250 toneladas de massa asfáltica de CBUQ normal	30.000 m x 7,00 m x 0,035 m x 2500 t/m ³ = 18.375 toneladas de massa asfáltica de CBUQ com asfalto-borracha

Fonte: Zatarin et al (2016).

Considerando esses dados, para executar 30 Km do asfalto convencional a usina demandará de 3 meses para essa obra de pavimentação, sendo que utilizando

o asfalto borracha, para pavimentar esse mesmo trecho, demorará 2 meses, tendo uma redução de 30%.

2.3.2 Obras de infraestrutura urbana

Planejar é uma ação essencial para a implantação de qualquer empreendimento, inclusive o canteiro de obras. Para Bernardes (2010), “o planejamento tem se resumido, em geral, à produção de orçamentos e outros documentos referentes às etapas a serem seguidas durante a execução do empreendimento”. Primeiramente, elabora-se um plano inicial, que deve analisar todo o contexto, necessidades e impactos, chamado também de Plano Mestre, que contém as dimensões do projeto, qual sistema de construção a ser adotado, bem como os equipamentos e materiais necessários, prazos e valores estimados e outras considerações específicas de cada projeto (GIAMMUSSO, 1991), porém, pode sofrer alterações.

A programação é parte do planejamento, nela deve conter como, onde e quando será desenvolvida cada atividade. Devendo ter a previsão detalhada dos prazos, recursos disponíveis, especificações técnicas, período de análise de evolução da obra, acompanhamento das metas a serem atingidas, tomada de decisão e replanejamento, caso necessário (HIRCHFELD, 1980).

O projeto pode ser conceituado como uma representação de objetivos previamente expostos e idealizados, organizados e estruturado de forma que seja possível sua mais fiel execução, possuindo duas fases básicas, sendo elas, a concepção e a construção (CIMINO, 1987), no caso da engenharia, os projetos são desenvolvidos e representados em formas de desenhos, ou plantas e plotados em pranchas, além de serem acompanhados por memoriais descritivos e de cálculos, devem obedecer as Normas Brasileiras. A NBR 5679 (ABNT, 1977) trata da elaboração de Projetos de Obra de Engenharia e Arquitetura e o conceitua da seguinte forma

[...] o trabalho, segundo as determinações de projeto e as normas adequadas, destinado a modificar, adaptar, recuperar ou criar um bem, ou que tenha como resultado qualquer transformação, preservação ou recuperação do ambiente natural.

Segundo Casarotto Filho, Fávero e Castro (1999), as fases de um projeto desde a sua idealização são:

- a) Anteprojeto preliminar – plano sumário: consiste em reunir as informações necessárias para descobrir se existe algum caminho para a consecução do objetivo visualizado;
- b) Anteprojeto definitivo – estudo de viabilidade: consiste no estabelecimento de alternativas que permitam o objetivo visado, acompanhadas de seus respectivos orçamentos. Esse é o instrumento básico para a tomada de decisões quanto ao prosseguimento do projeto escolhendo uma ou nenhuma das alternativas;
- c) Projeto básico – de engenharia, definitivo: caracteriza-se pela adoção da alternativa indicada no anteprojeto definitivo e por seu desenvolvimento em nível de aprovação por quem de direito, fornecendo elementos seguros para uma boa estimativa de custos, com precisão de 15 a 30%. Esse projeto deve indicar claramente as atividades obrigatórias e o que poderá ser eventualmente modificado, além de fornecer elementos técnicos suficientes que consolidem os dimensionamentos e esquemas principais do projeto;
- d) Projeto executivo – detalhado, de implantação e execução: destina-se a fornecer os elementos indispensáveis à construção e montagem; nem sempre o projeto executivo toma a forma de um volume compacto, como ocorre com o projeto básico. Geralmente, os documentos que o constituem vão sendo produzidos simultaneamente à implantação.

A etapa de execução do projeto é onde surgem as maiores dúvidas, porque nem sempre é possível o cumprimento do cronograma e é a fase que mais gera inconsistências entre o real e o planejado. Para que se tenha uma segurança do que realmente foi contratado e a qualidade com que se está executando, é imprescindível um contrato firmado entre as partes, garantindo que não seja exigido algo além do contrato e assegurando que o cliente receba exatamente o que foi contratado (MEIRELLES, 1996).

A construtora deve assegurar um desempenho de segurança e estabilidade da edificação por um período de cinco anos, segundo o artigo 618º do Código Civil (LEI 10.406/2002).

3.0 METODOLOGIA E MÉTODO DA PESQUISA

Este artigo está fundamentado na metodologia de pesquisa exploratória, de natureza básica e abordagem qualitativa. Gerhardt e Silveira (2009, p. 35) define “este tipo de pesquisa tem como objetivo proporcionar maior familiaridade com o

problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses”. Um estudo envolvendo a análise da viabilidade técnica na utilização do asfalto com adição de borracha proveniente de pneus inservíveis.

Como coleta de dados, foi realizada uma pesquisa bibliográfica, com autores como Zatarin (2017), que dissertou sobre os resíduos sólidos e o meio ambiente, Oda (2000) e Pilati (2008), que falaram sobre o asfalto com adição de borracha, Bernucci (2010) e Faxina (2006), que explicaram sobre o processo de adição de borracha à massa asfáltica, Netto e Reis (2015), onde foi possível obter conhecimento sobre o comparativo dos dois tipos de asfalto e Betusal (2016) que explica sobre a pavimentação no Brasil, dentre outros. Além desses autores, os conhecimentos necessários ao desenvolvimento dessa pesquisa se deram através de Resoluções do CONAMA e NBR's. Tachizawa (2008, p. 4) salienta que “o conhecimento científico não provém do zero, do mesmo modo, raras são as perguntas que não foram levantadas. Por isso é pertinente antes de se prosseguir com a pesquisa, procurar inteirar-se sobre o que está escrito através da revisão bibliográfica”.

Também foi realizada entrevista com uma empresa loteadora, a Soma Urbanismo. Essa entrevista contou com perguntas que visaram entender se estão ou não utilizando o asfalto ecológico, entender o processo de elaboração de projetos executivos de pavimentação desses novos empreendimentos, para ser possível analisar a viabilidade.

Como fonte de dados primária, foram realizadas pesquisadas em obras de autores que dissertaram sobre a fabricação do asfalto com adição de borracha proveniente de pneus inservíveis, bem como, o desenvolvimento urbano através da construção de novos loteamentos e a importância da utilização de tecnologias sustentáveis. As fontes para esses estudos foram obtidas por material disponível em sites, como livros digitalizados, artigos publicados, dissertações publicadas, dentre outras, sempre buscando pesquisas atuais e de alta confiança, artigos publicados no *Scielo*.

A fonte de coleta de dados secundária foi via Pesquisa de campo com um entrevistas a serem realizadas com uma empresa loteadora que elabora e executa obras de loteamento na cidade de São Mateus, afim de descobrir a técnica que mais utilizam. Além disso, foram realizadas visitas “in loco” em loteamentos já executados, para conhecer os tipos de pavimentos mais utilizados.

4.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na cidade de São Mateus/ES, a principal loteadora, levando em consideração a quantidade de loteamentos já executados, é a Soma Urbanismo. Em entrevista realizada com a loteadora citada, foi possível obter algumas informações sobre a ideologia da utilização do asfalto com adição de borracha.

A Soma Urbanismo está no mercado da construção de loteamentos a 11 anos, tendo 16 empreendimentos lançados, atuando nas cidades de São Mateus, Colatina, Jaguaré, Linhares e Guaçuí, sendo sua sede em São Mateus. Ao longo desses anos de projetos e execução de loteamentos, foram realizadas várias mudanças nos processos construtivos, visando o melhoramento do produto e infraestrutura entregue.

Durante a concepção do projeto, leva-se em consideração a região de implantação, material disponível, mão-de-obra e maquinários, para a escolha do melhor método construtivo a ser realizado. As mudanças propostas pelo setor de projetos é sempre em comum acordo com o setor de obras, pois é estudado a viabilidade do novo material ou método e as implicações que deve conter nos projetos executivos. Também é estudado junto ao setor de suprimentos a disponibilidade de materiais no mercado local, ou quanto fora, o custo adicional com o frete.

Eles destacam que houve modificações no material dos tubos de drenagem, antes de concreto e agora é PVC, o material ficou com um custo maior, porém levaram em conta que diminuirá o custo com homem/hora, ao final da obra saberão ao certo o custo benefício do novo sistema.

Outra mudança destacada é o modelo de execução do meio-fio. Antes ele era executado com peças pré-moldadas, montadas in loco na extremidade do pavimento executado, o modelo atual é o extrusado, que é visualmente mais bonito. Para a execução desse modelo é necessário uma extrusora.

Essas mudanças, dentre outras apontadas, mostram que a loteadora é uma empresa que está buscando inovação na sua forma de projetar e executar a infraestrutura dos loteamentos, a fim de melhorar os materiais e métodos já utilizados, mesmo que sejam tecnologias que a princípio possam gerar um custo adicional, mas a empresa que a longo prazo pode gerar resultados positivos.

Quanto à pavimentação, em seus loteamentos, a Soma utiliza o bloco intertravado, pois acredita ser um tipo de pavimento que apresenta conforto de tráfego, necessita de pouca manutenção, visualmente é considerável viável a um loteamento familiar (esteticamente) e de fácil aplicação.

A Soma Urbanismo ressalta que sempre busca por novas tecnologias construtivas. Conhece o asfalto com a adição de borracha, porém nunca estudaram sobre a possibilidade de aplicação desse tipo de pavimento nas vias internas dos loteamentos, por julgarem mais confortável o bloco, mas concorda ser um tipo de pavimento viável para a ligação dos loteamentos a via existente da cidade, pois geralmente são rodovias de pavimentação asfáltica, pois o asfalto borracha além de ser um material economicamente viável, contribui positivamente para o meio ambiente e a empresa presa pela preservação ambiental.

Isso mostra a importância do estudo de aplicação de novas tecnologias em dada região, a fim de mostrar aos construtores locais a viabilidade da utilização de materiais e métodos diferentes dos convencionais.

No levantamento bibliográfico foi possível identificar que o asfalto borracha tem melhor desempenho, pois a borracha possibilita melhor recuperação elástica, viscosidade redução na deformação permanente e aumenta a vida útil da via, além de contribuir diretamente para a preservação do meio ambiente, com a recuperação de pneus inservíveis, reduzindo o acúmulo desse material na natureza. A tabela 2 foi elaborada de acordo a informação obtida através dos autores Marques (2012), Satana (1993), Greca Asfaltos (2015) e Zatarini (2017).

Tabela 2 – Relação Asfalto Convencional x Asfalto com adição de borracha

CARACTERÍSTICAS	ASFALTO CONVENCIONAL	ASFALTO COM ADIÇÃO DE BORRACHA
Materiais Usados	Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP), ligante e agregado	Via Úmida: CAP, borracha usinada à quente (ligante) e agregados. Via Seca: CAP, ligante e borracha triturada (agregado)
Elasticidade	Menor elasticidade	Melhor propriedade elástica
Deformação	Deformação nos trilhos das rodas	Menor deformação
Durabilidade	5x menor	5x maior
Aderência	Menor aderência	Melhora consideravelmente na frenagem dos veículos
Ruídos	Apresenta ruídos	Redução de até 5dB dos ruídos
Custo	Investimento inicial menor, matéria-prima barata e maior necessidade de manutenção	30% mais caro no investimento inicial e menor necessidade de manutenção

Domínio de tecnologia	Estudado desde a antiguidade	Nova técnica, ainda está sendo aperfeiçoada
Mão-de-obra	Facilmente encontrada	Necessita do acompanhamento de uma equipe técnica do distribuidor

Fonte: Elaborado pelo autor.

Em comparação ao convencional, tem custo inicial de preparação e execução 30% maior, o que o torna menos utilizado, devido à falta de conhecimento sobre essa tecnologia e incentivos políticos. Em contrapartida, a adição de borracha ao cimento asfáltico proporciona custos de manutenção menores, por ser mais flexível e resistente, mostrando seu custo benefício a longo prazo. Como foi visto, esse procedimento favorece um retorno ambiental e o financeiro a longo prazo, além das melhorias físicas que esta modificação apresenta na pavimentação.

5.0 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Asfalto Borracha é uma alternativa ecologicamente correta, uma vez que na sua fabricação são utilizados pneus inservíveis que seriam descartados de forma incorreta na natureza. Além disso, em comparação ao convencional, tem custo inicial de preparação e execução 30 % maior, o que o torna menos utilizado, devido à falta de conhecimento sobre essa tecnologia e incentivos políticos. Em contrapartida, a adição de borracha ao cimento asfáltico proporciona custos de manutenção menores, por ser mais flexível e resistente, mostrando seu custo-benefício a longo prazo.

Por se tratar de um processo/material não muito utilizado no mercado local, as empresas loteadoras não possuem tanto acesso às informações e ao produto, o que o torna uma não opção no momento da escolha do tipo de pavimento por ser pouco acessível. E por ser loteamento familiar e estar no interior, o mercado consumidor se sente mais propenso a adquirir um lote em vias pavimentadas com material que não seja asfalto, por terem uma ideologia de aumentar a temperatura local e a velocidade do fluxo de veículos. Porém, por se tratar de um material mais barato e ecologicamente correto, seu uso pode ser implementado nas vias de acesso que ligam das vias do loteamento que ligam com rodovias municipais.

É notório o interesse das construtoras em investir em novas tecnologias sustentáveis, porém, é necessário que sejam mais acessíveis e tecnologicamente e economicamente, para isso é interessante que haja investimento no reaproveitamento de resíduos sólidos, através de incentivos fiscais e fiscalização

das normas presentes nas leis vigentes, assim tornará mais atraente a reutilização da borracha de pneus em pavimentação asfáltica, podendo ser produzida em grande escala, fazendo com que seja economicamente viável o investimento inicial, comparado ao convencional.

Para pesquisas futuras sugere-se que desenvolvam estudos sobre a utilização do asfalto borracha na pavimentação de vias públicas como alternativa de pavimentação de novas estradas, como também em sua utilização como material de manutenção, analisando sua viabilidade técnica e financeira.

6.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, Maria Margarida de. **Introdução à Metodologia do Trabalho Científico**: elaboração de trabalhos na graduação. 10. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5679**: Elaboração de projetos de obras de engenharia e arquitetura. Rio de Janeiro, 1977.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7207: Terminologia e Classificação de Pavimentação**. RJ: Rio de Janeiro. 2011.

BERNARDES, M. M. S. **Planejamento e controle da produção para empresas de construção civil**. Rio de Janeiro: LTC, 2003. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/13718/000292771.pdf>>. Acesso em 13 de out. 2020.

BERNUCCI, Liedi Bariani; MOTTA, Laura Maria Goretti; CERATTI, Jorge Augusto Pereira; SOARES, Jorge Barbosa. **Pavimentação asfáltica**: Formação básica para engenheiros. 3 ed. Rio de Janeiro: Petrobras. p. 26-101. 2010.

BETUSAL. **As origens do asfalto**. 2016. Disponível em: <<http://www.betuseal.com.br/origens-asfalto/>>.

CARVALHO, José Carlos. **Resolução Nº 307, de 5 de julho de 2002**. 2018. Disponível em: <[Http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30702.html](http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30702.html)>.

CASAROTTO FILHO, Nelson; FÁVERO, José Severino; CASTRO, João Ernesto Escosteguy. **Gerência de Projetos: engenharia simultânea**. São Paulo: Atlas, 1999. 170p.

CIMINO, J. Remo. Planejamento e execução de obra. 1ª ed. São Paulo: Ed. Pini Ltda, 1987. 165p.

CUNHA, P. F. **Dimensionamento e análise numérica de pisos industriais de concreto**. Mestrado da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. RJ: Rio de Janeiro. 2013.

DIAS, Márcia Rodrigues. **Utilização de mistura asfáltica com borracha pelo processo da via-seca**: Execução de um trecho experimental urbano em Porto Alegre-RS. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. p. 08-50. 2005.

FAXINA, A. L. **Estudo da viabilidade técnica do uso de resíduo de óleo de xisto como óleo extensor em ligante asfalto-borracha**. Tese Doutorado em Transportes. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. São Carlos. p. 01-34. 2006.

- GIAMMUSSO, S. E. **Orçamento e custos na construção civil**. 2 ed. São Paulo: Pini, 1991. 181 p.
- GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- GRECA Asfaltos. **Estudo comparativo do desempenho de um recapeamento utilizando asfalto borracha**. Rio Grande do Sul. p. 02-10. 2010.
- GRECA Asfaltos. **Estudo comparativo de deformação permanente de CBUQ'S confeccionados: Com ligantes asfálticos diversos**. Pará. p. 01-09. 2014.
- GUERRA, Sidney. **Resíduos sólidos**. ed. Rio de Janeiro: Forense, 2012.
- HIRSCHFELD, H. **Planejamento com PER-CPM e análise do desempenho: método manual por computadores eletrônicos aplicados a todos os fins - construções civis, marketing, etc**. 6.ed. São Paulo: Atlas, 1980. 381p.
- MARQUES, Geraldo Luciano de Oliveira. **Pavimentação: TRN 032**. Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora. p. 01-17. 2012.
- MARQUES, G. B. **Análise de pavimento flexível: estudo de um trecho crítico na rodovia ERS-421**. UNIVATES, Lajeado. 2014.
- MEDINA, J. **Mecânica dos pavimentos**. Editora UFRJ. RJ: Rio de Janeiro. 1997.
- MEIRELLES, Hely Lopes. **Direito Administrativo Brasileiro**. 21. ed. São Paulo: Malheiros Editores, 1996.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Lixo: Um grave problema no mundo moderno**. p. 01-13. 2016.
- NETTO, Quincio Muniz Pinto; REIS, Ana Carolina da Cruz. **Análise do comportamento mecânico de misturas asfalto-borracha produzidas pelos processos úmido e seco**. Congresso Nacional de Pesquisa em Transporte da ANPET Ouro Preto. 09 a 13 de nov de 2015. Ouro Preto. p. 11-37. 2015.
- ODA, S. **Análise da Viabilidade Técnica da Utilização do Ligante Asfalto Borracha em Obras de Pavimentação**. Universidade de São Paulo. SP: São Paulo. p. 05-45. 2000.
- OLIVEIRA, Rui Manoel da Silva. **A importância dos pneus na segurança rodoviária**. p. 08-70. 2015.
- PATRIOTA, M. B. **Análise laboratorial de concreto betuminoso usinado a quente modificado com adição de borracha reciclada de pneus: Processo seco**. Mestrado em Ciência em Engenharia Civil. Universidade Federal de Pernambuco. Recife. p. 30-105. 2004.
- PILATI, Fernanda. **Análise dos efeitos da borracha moída de pneu e do resíduo de óleo de xisto sobre algumas propriedades mecânicas de misturas asfálticas densas**. Mestrado em Transportes. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. SP: São Carlos. p. 09-93. 2008.
- RICHARDSON, Roberto Jarry; e Colaboradores. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1999.
- SÁNCHEZ, Luiz Henrique. **Avaliação de impacto ambiental: Conceitos e métodos**. 2. ed. São Paulo: Oficina de textos, 2008.
- SANTANA, H. **Manual de pré-misturado a frio**. IBP. Rio de Janeiro: Comissão de Asfalto. 1993.
- SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE. **Parâmetros curriculares nacionais: Meio ambiente e saúde**. Brasília, 1998.
- SOUSA, Grasielle Silva de; FRENDA, Perla; GUSMÃO, Tatiane Crintina. **EJA: Educação de jovens e adultos**. 2. ed. São Paulo, 2009.

VISSER, A. T.; VERHAEGHE, B. **Bitum em rubber**: lessons in South África.
In: Asphalt rubber 2000 conference – Brazil. Disponível em:
<http://www.estado.rs.gov.br/index.php?in=noticias_view.php¬id=47502>.

ZATARINI, Ana Paula Machado; SILVA, André Luiz Ferreira da; ANEMAM,
Lehi dos Santos; BARROS, Marcos Roberto de; CHRISOSTOMOS, Walbert.
Viabilidade da pavimentação com asfalto-borracha. Florianópolis. p. 10-66. 2017.