

**CENTRO UNIVERSITÁRIO BRASILEIRO - UNIBRA CURSO
DE ENGENHARIA CIVIL**

**KRISLLEY MIRELLA MORAIS SILVA
VITÓRIA GABRIELLE MENDES DA SILVA**

**VANTAGENS DA UTILIZAÇÃO DO CONCRETO PROTENDIDO NA PRODUÇÃO DE
VIAS PAVIMENTARES**

**RECIFE
2023**

**KRISLLEY MIRELLA MORAIS SILVA
VITÓRIA GABRIELLE MENDES DA SILVA**

**VANTAGENS DA UTILIZAÇÃO DO CONCRETO PROTENDIDO NA PRODUÇÃO DE VIAS
PAVIMENTARES**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Disciplina TCC do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Brasileiro - UNIBRA, como parte dos requisitos para conclusão do curso.

Orientador(a): Prof. Janilson Alves Ferreira

RECIFE
2023

Ficha catalográfica elaborada pela
bibliotecária: Dayane Apolinário, CRB4- 2338/ O.

S586v Silva, Krisley Mirella Morais.
Vantagens da utilização do concreto protendido na produção de vias
pavimentares / Krisley Mirella Morais Silva; Vitória Gabrielle Mendes da
Silva. - Recife: O Autor, 2023.
23 p.

Orientador(a): Janilson Alves Ferreira.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Centro Universitário
Brasileiro - UNIBRA. Bacharelado em Engenharia Civil, 2023.

Inclui Referências.

1. Protensão. 2. Pavimentos rígidos. 3. Pavimentação. I. Silva,
Vitória Gabrielle Mendes da. II. Centro Universitário Brasileiro. - UNIBRA.
III. Título.

CDU: 624

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar meus agradecimentos vão para o meu Deus, por ter chegado onde cheguei, que abriu portas, me acompanhou e me guiou até aqui, onde tiveram muitos desafios, dificuldades, conquistas e que nunca me deixou desanimar diante das dificuldades que a vida me trouxe. Agradeço ao seu Antônio Silvestre da Silva e Maria Rejane Mendes os maiores apoiadores, os que acreditam no meu potencial, os que estiveram comigo no bom e no ruim, que me deram todo o suporte na minha vida e que me incentivaram o tempo todo, se hoje cheguei até aqui foi por conta deles. Agradeço ao grande amor da minha vida Gabriel Lucas Ramos de Lira, por ter me incentivado, me apoiado todos os dias e por ter buscado quase todas as noites depois das aulas. Agradeço a minha dupla Krisley Mirella Morais Silva, não só por ter aceitado fazer parte desta pesquisa junto a mim, mesmo nas dificuldades que tem enfrentado, mas sim por ter sido umas das grandes amigas além de: Jacicleide dos Santos Silva e Celso Vieira Silva Filho que durante esses 10 períodos da graduação foram divididas as grandes cargas, compartilhadas os maiores conhecimentos e os melhores momentos juntos. Agradeço aos meus professores que ao longo desses 5 anos se dedicaram, comprometeram e compartilharam os seus conhecimentos. Por fim, agradeço ao professor Janilson Alves Ferreira pelas ricas discussões e contribuições ao longo do desenvolvimento do tema, por se dedicar e orientar a nossa pesquisa com os seus conhecimentos onde ocasionou que este trabalho fosse desenvolvido.

Vitória Gabrielle Mendes da Silva.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer em primeiro lugar a Deus por me guiar por essa longa trajetória, ter me dado forças nesses últimos momentos os quais não foram fáceis mas graças a eles continuo firme e forte na minha jornada onde ele me proporcionou a realização de um dos meus maiores sonhos. Agradeço a mim mesma por ser resiliente e superar desafios diariamente. Sou grata aos meus pais Alcione Maria da Silva e Antônio Morais da Silva, que sempre esteve ao meu lado em toda minha vida mais especialmente nesses 5 anos, seus conselhos e incentivo foram essenciais para que eu pudesse superar os desafios e chegar até aqui. Preciso enfatizar que sem o apoio de vocês nada disso seria possível, amo vocês incondicionalmente obrigada por tanto. Não poderia deixar de mencionar a importância da minha dupla Vitória Gabrielle Mendes da Silva não só porque ter sido uma parte imprescindível nesta pesquisa mais por ter sempre está ao meu lado desde o início desta nossa jornada. Obrigada também a todos os quais contribuíram direta ou indiretamente para este trabalho, seja por meio de uma conversa informal, um feedback construtivo ou uma troca de experiências. Seu apoio foi fundamental para meu crescimento como aluna e como pessoa. Por fim, gostaria de agradecer a todos os meus colegas que fiz ao longo desta linda jornada, foram desafios, aflições, desentendimentos mais também houveram muitos momentos marcantes e aprendizados os quais jamais esquecerei. Obrigada a todos que fizeram parte desta linda jornada.

Krisley Mirella Morais Silva.

SUMÁRIO

1- INTRODUÇÃO	8
1.1 - Problematização.....	10
2 - Objetivo.....	11
2.1 - Objetivo Geral.....	11
2.2 - Objetivo Específico.....	11
3 - REFERENCIAL TEÓRICO	12
3.1 - Histórico da Utilização da Protensão.....	12
3.2 - Execução da Pavimentação.....	14
3.3 - Análise Econômica.....	16
3.4 - Resistência Mecânica do Concreto Protendido.....	17
3.5 - Utilização da Protensão em Pavimentos.....	18
4 - PROCEDIMENTO METODOLÓGICO	22
5- RESULTADOS	23
5.1 - Pontos Positivos e Negativos.....	23
5.1.1 - Economias	23
5.1.2 - Resistência Mecânica	25
5.1.3 - Protensão x Convencional.....	25
6 - CONCLUSÃO	29
REFERÊNCIAS	30

RESUMO

A presente pesquisa foi feito um estudo do uso alternativo do concreto protendido em pavimento, onde são relatados a sua viabilidade. A pesquisa aborda conceituação de protensão em uso nos pavimentos trazendo espessuras reduzidas de concreto, redução das fissuras, uma melhor durabilidade no seu tempo de vida útil e menos juntas de dilatação. Na sequência, são apontados que na escolha de um concreto convencional que dando importâncias que um dos seus pontos fracos é a alta quantidade de juntas de dilatações que ele contém, também podemos leva em consideração a baixa durabilidade de tempo e resistência que é abordado e no pavimento que compõe protensão a sua resistência à tração é ampliada pela compressão antecipada aplicada pelo concreto protendido trazendo melhorias nos seu pavimento. A vista disso, segundo estudos mostram que com a utilização da protensão nas placas de concretos permite terem um tamanho extenso no seu comprimento e com a redução da sua espessura acaba compensando o seu custo. Por tanto, são apresentados nos resultados através de exemplos, métodos citados as suas melhores vantagens e desvantagens do concreto protendido, das suas economias, resistências e comparações de um concreto convencional a um concreto protendido, dissertando os resultados das suas melhores considerações quando se aplicado em um pavimento viário.

Palavras-chave: Protensão. Pavimentos Rígidos. Pavimentação.

ABSTRACT

In this research, a study was carried out on the alternative use of prestressed concrete in pavements, reporting its feasibility. The research addresses the concept of prestressing in use on pavements, bringing reduced concrete thicknesses, reduced cracks, better durability over its useful life and fewer expansion joints. Next, it is pointed out that when choosing a conventional concrete, given importance that one of its weaknesses is the high number of expansion joints it contains, we can also take into account the low durability of time and resistance that is addressed and in the pavement that makes up prestressing, its tensile strength is increased by the early compression applied by the prestressed concrete, bringing improvements to its pavement. In view of this, studies show that the use of prestressing in concrete slabs allows them to have an extensive size in their length and with the reduction of their thickness ends up offsetting their cost. Therefore, the results are presented through examples, methods cited, the best advantages and disadvantages of prestressed concrete, its savings, resistance and comparisons of conventional concrete to prestressed concrete, disseminating the results of its best considerations when applied in a road pavement.

Keywords: Prestressing. Rigid Floors. Paving.

1 - INTRODUÇÃO

O uso do concreto protendido em pavimentos, é uma proposta a qual atualmente não é muito vista, por tanto se trata de uma alternativa onde a pavimentação contém resistência e durabilidade, evitando fissuras e baixa manutenção (Mateus Berwald, 2015).

Os pavimentos de vias protendidas são onde tem cordoalhas usadas para dar leveza, e também podem ser chamadas de armaduras passivas ou armaduras frouxas que é quando as armaduras não tem tensões iniciais. O objetivo das vias de concreto protendido é que através da protensão sejam gerados esforços de compressão na estrutura, antes da solicitação por cargas externas. (Gustavo de Souza, 1998)

A pavimentação existe limites aceitáveis que é capaz de suportar as cargas se caso houver algumas deformações. Os tipos de pavimentos que geralmente se utilizam em portos são: pedra natural, concreto compactado a rolo, placas de concreto simples, ou seja, que não contém armadura, concreto armado e blocos intertravados de concreto. Os pavimentos apresentam um enorme desempenho quando se apresentam variedades na atuação do serviço. As juntas de dilatação quando estão próximas apresenta alguns pontos por onde vem a ocorrer infiltração de água, o que gera partículas finas a serem perdidas, tornando a sub-base mais vulnerável a recalques (Gabriel Barbosa, 2018)

Enquanto isso, quando o carro vai se movimentando a ação das rodas nas vias vai impactando tensões nas proximidades. A protensão constitui um método eficiente para diminuir o número de juntas e reduzir o risco de fissuração nas placas ao longo da estrada. Assim, pavimentos que contém protensão prolonga a vida útil do pavimento (Mateus Berwald, 2015).

Sendo um pavimento de concreto simples, contém uma baixa resistência à tração, com isso se aumenta a espessura do concreto para uma melhor operação. Já optando pelo uso da protensão é possível reduzir a espessura da placa, pois além da elevada resistência à compressão diminui também o seu custo na obra. Sendo a escolha mais utilizada em pavimento rígido, este trabalho tem o intuito de salientar que o concreto protendido é também uma solução factível e eficaz para as rodovias

(Mateus Berwald, 2015).

Considerando o custo-benefício do pavimento rígido de concreto protendido com relação ao concreto convencional, contém pesquisas voltadas as suas melhores vantagens de ser utilizada. No entanto, quando utilizado o concreto protendido a resistência à tração vai aumentando pela compressão antecipada aplicada ao concreto, já no concreto convencional existem juntas de dilatações ao decorrer da via, onde pode-se ocorrer infiltrações, mais manutenções e mais acidentes, por este motivo é a melhor opção é optar por protensão que não necessita de juntas de dilatações e a duração de vida útil é bem maior. Cuidados e o seguimento no processos da execução do concreto protendido para garantir que ele desempenhe sua função sem que ocorra fissuras em sua qualidade final.

Evitando assim, trincas, fissuras, buracos nas vias que é o problema abordado e proposto na pesquisa, que só intensifica a perda da qualidade e vida útil do pavimento.

2- Objetivos

2.1 - Objetivo geral

- Fazer um levantamento bibliográfico das vantagens econômicas, de resistência e durabilidade do concreto protendido na composição de pavimentos.

2.2 - Objetivos específicos

- Apresentar uma retificação dos principais pontos relacionados ao pavimento de concreto protendido;
- Demonstrar que a estrutura do pavimento protendido atende a resistência necessária, de maneira mais rápida e eficiente;
- Verificar os aspectos construtivos das camadas necessárias na execução, correlacionado com o uso do protendido nos pavimentos rígidos, por meio de artigos e demonstrativos

3- REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 - Histórico da Utilização da Protensão

O uso do concreto protendido em pavimentos tem uma longa história de desenvolvimento e aplicação. O concreto protendido é uma técnica de reforço estrutural que envolve o pré-alongamento de barras de aço antes da concretagem, de modo a criar uma força de compressão interna no concreto. Isso permite que as estruturas suportem cargas maiores e tenham vãos maiores, tornando-o ideal para pavimentos (César Júnior, 1998).

O conceito de concreto protendido começou a ser desenvolvido na Europa em 1930, com ênfase na protensão de estruturas de concreto para melhorar sua capacidade de carga. Engenheiros notáveis, como Eugène Freyssinet na França, pioneiro no uso de cabos de aço protendidos em estruturas de concreto, contribuíram para a pesquisa e desenvolvimento da técnica (César Júnior, 1998).

Na década de 1945 a técnica de concreto protendido foi aprimorada e começou a ser aplicada em pontes na Europa, como a Ponte do General Uriburu na Argentina (figura 1), que foi uma das primeiras pontes protendidas devido ao seu sucesso difundiu-se por todo o mundo. (César Júnior, 1998).

Figura 1: Construção da Ponte do General Uriburu na Argentina, meados de 1945.



Fonte: (Libres te informa), 2018.

Em 1950 a ideia do uso do concreto protendido se espalhou para os Estados Unidos e outros países, inclusive deu-se início produção de aços para protensão no Brasil, com destaque para a Companhia Siderúrgica Belgo-Mineira, o que serviu de estímulo para o desenvolvimento do uso da protensão no país (Gomes Junior, 2009).

O engenheiro italiano Sergio Musmeci introduziu o uso de concreto protendido em pavimentos, como no Edifício de Habitação "Monte Amiata", em Milão, considerado um marco importante na aplicação do concreto protendido em prédios (Gomes Junior, 2009).

Nos anos 1950, começou a produção de aços para protensão no Brasil, com destaque para a Companhia Siderúrgica Belgo-Mineira, o que serviu de estímulo para o desenvolvimento do uso da protensão no país (Gomes Junior, 2009).

Meados de 1960 o uso de concreto protendido em pavimentos ganhou impulso, especialmente em edifícios de vários pavimentos e estruturas industriais. A técnica também foi aplicada em estruturas de estacionamentos, onde sua capacidade de suportar cargas pesadas era um benefício significativo (Gomes Junior, 2009).

Entre os anos 1970 e 1980 neste período, houve avanços na tecnologia de protensão, resultando em sistemas mais eficientes e econômicos. O concreto protendido se tornou uma técnica padrão para projetos de construção de alta resistência e durabilidade (Gomes Junior, 2009).

A partir da década de 1990 até os dias atuais a concepção do uso do protendido em pavimentos continua a evoluir com o desenvolvimento de novos materiais, técnicas de construção e software de análise estrutural. É amplamente utilizado em todo o mundo em uma variedade de aplicações, incluindo estruturas de pontes, edifícios comerciais e residenciais, lajes de estacionamento e outras estruturas onde a capacidade de carga, a resistência e a durabilidade são cruciais. (César Júnior e Veríssimo, 1998).

Desde então, o concreto protendido tem sido amplamente utilizado em pontes, viadutos e estruturas de pavimentos devido às suas vantagens em relação ao concreto simples, como maior resistência, menor espessura de laje e menor quantidade de materiais necessários. (César Júnior e Veríssimo, 1998). Além disso, as técnicas de projeto e construção foram aprimoradas ao longo dos anos, tornando o concreto protendido uma escolha comum em projetos de engenharia de transporte e infraestrutura. (César Júnior e Veríssimo, 1998).

A evolução contínua das normas e tecnologias relacionadas ao concreto protendido tem contribuído para o seu uso generalizado em pavimentos, garantindo estruturas mais duráveis e eficientes.

3.2– Execução da Pavimentação

Na execução de pavimentação com concreto convencional, o processo é uma prática estabelecida na engenharia civil e envolve uma série de etapas bem definidas se iniciando com a preparação do subleito, seguida pela colocação de formas e armaduras para reforço estrutural. Após esse estágio, ocorre a concretagem inicial, em que o concreto é despejado e nivelado na área designada. Posteriormente, são aplicados métodos de cura para assegurar a resistência e durabilidade do material. Com o endurecimento do concreto, procede-se à desforma e ao acabamento da superfície pavimentada. A inspeção regular é essencial para identificar desgastes e danos ao longo do tempo, com intervenções de manutenção conforme necessário. (Vasconcelos, 1979).

Esse processo é utilizado em diversas situações, sendo adaptado de acordo com as necessidades específicas de cada projeto. O concreto convencional é uma escolha comum para pavimentação de vias devido à sua durabilidade e resistência, especialmente quando combinado com boas práticas de construção e manutenção adequada (Enio Yuri, 2022).

No contexto do concreto protendido para pavimentação, o processo representa uma abordagem avançada na engenharia civil, buscando otimizar a eficiência e durabilidade das estruturas viárias. Englobando etapas fundamentais as quais se assemelham ao método convencional, incluindo: (César Júnior e Veríssimo, 1998).

1. Preparação do Subleito: Similar ao método convencional, o subleito é preparado adequadamente para proporcionar uma base robusta.

2. Formas e Armaduras Específicas: Além das formas convencionais, são instaladas formas específicas para acomodar dutos destinados aos cabos de protensão. Armaduras adicionais podem ser incorporadas para atender aos requisitos específicos de protensão.

3. Concretagem Inicial: O concreto é despejado, levando em consideração a presença dos dutos e armaduras específicas. Esta etapa prepara a base para a subsequente protensão.

4. Protensão: Após a cura parcial do concreto, os cabos de protensão são tensionados, aplicando forças compressivas ao concreto. Este é um passo crítico para reforçar a estrutura.

5. Concretagem Final: Se necessário, uma segunda concretagem pode ser realizada para ajustes finais, levando em conta o impacto da protensão no material.

6. Cura Específica: A cura é monitorada de perto, assegurando que a protensão seja aplicada no momento apropriado para garantir a eficácia estrutural.

7. Desforma e Acabamento: Após a cura completa, as formas são removidas, considerando os elementos protendidos. A superfície é então submetida a procedimentos de acabamento para atender aos padrões estabelecidos.

8. Inspeção e Manutenção: Assim como no concreto convencional, a pavimentação protendida passa por inspeções regulares, com atenção especial à integridade da protensão. Intervenções de manutenção específicas são realizadas para garantir a durabilidade contínua da estrutura. (César Júnior e Veríssimo, 1998).

3.3- Estudo Econômica

A economia em uso do concreto protendido em pavimentos depende de vários fatores, incluindo o contexto específico do projeto, o custo dos materiais, a mão de obra e os benefícios esperados. O concreto protendido é uma técnica que envolve a aplicação de forças de compressão a pré-tensão ou pós-tensão para melhorar o desempenho estrutural. (Hanai, 2005)

Alguns dos fatores a serem considerados de acordo com Hanai, ao avaliar a vantagem econômica do concreto protendido em pavimentos incluem:

1. Custo inicial: O custo do material e da mão de obra para implementar o concreto protendido pode ser maior do que o concreto convencional, devido à necessidade de equipamentos e técnicas específicas.
2. Economia de material: O concreto protendido permite a redução da quantidade de material necessário, o que pode resultar em economia a longo prazo.
3. Vida útil: O concreto protendido geralmente tem uma vida útil mais longa e requer menos manutenção, o que pode reduzir custos ao longo do tempo.
4. Cargas e requisitos específicos do projeto: A viabilidade depende das demandas estruturais do projeto. Em aplicações de pavimentos de alto desempenho ou pontes de grande vão, o concreto protendido pode ser vantajoso.
5. Análise de custo-benefício: Uma análise de custo-benefício detalhada deve ser realizada para comparar o investimento inicial com os benefícios esperados ao longo da vida útil da estrutura.
6. Regulamentações locais: As regulamentações e normas locais também desempenham um papel importante na determinação da economia.
7. Em resumo, a factibilidade econômica do concreto protendido em pavimentos dependerá do projeto específico, das condições locais e das metas a longo prazo. É importante realizar uma análise abrangente para tomar uma decisão informada. (Hanai, 2005).

3.4- Resistência Mecânica do Concreto Protendido

A intensidade das ancoragens tem até quatro vezes a força da protensão, são sujeitas a força de tração paralelas ao plano. As peças como ancoragem, cunhas, entre outros, devem ser suportadas no mínimo 1,2 vezes ao estado limite último, segundo recomendado pelo PTI (1983), pelo menos 95% da resistência última da cordoalha que as ancoragens devem resistir e proporcionar e garantir a segurança suficiente (Graziano, 2001)

As cordoalhas engraxadas e plastificadas contêm bainha plástica extrudada sobre a própria cordoalha (figura 2). Em sua composição contém, bainha plástica PEAD onde é um material mais resistente, massa linear com graxa variando de 37g/m a 44g/m para cordoalhas de diâmetro 12,7mm a 15,2mm (Rovertó Chust, 2012).

Figura 2: Bobina de cordoalhas em rolos.



Fonte: (Autoras), 2022.

A pressão que é aplicada no manômetro (figura 3) da bomba durante a execução do serviço é 390 bar (390 kgf/cm²) para a cordoalha CP190 12,7mm, e 425 bar (425 kgf/cm²) para a cordoalha CP210 15,2mm sendo para cada diâmetro um equipamento específico, sendo o menor macaco para cabos CP190 12,7mm e o maior

para CP210 15,2mm (figura 4), (ROBERTO CHUST, 2012)

Figura 3: Manômetro da bomba.



Fonte: (Autoras), 2022.

Figura 4: Macacos Hidráulicos.



Fonte: (Autoras), 2022.

Deste modo, a protensão dos cabos deve somente ser executada quando o concreto atingir a resistência mínima estabelecida pelo o projetista. Assim sendo, consegue ser realizada a protensão com o macaco hidráulico conduzindo-se as cunhas e aplicando a carga necessária em um cabo de cada vez. Estabelecida na planilha de alongamentos a aprovação do alongamento de cada cabo pelo calculista, logo a seguir proceder ao corte das pontas dos cabos com um maçarico para não danificar nenhum cabo protendido e por fim ser realizada o fechamento dos nincho de protensão (Roberto Chust, 2012).

3.5 - Utilização da Protensão em Pavimentos

Os pavimentos de concreto são projetados já com o intuito de obter a qualidade e a durabilidade, as manutenções custam tempo e dinheiro por tanto para as empresas acaba não sendo vantajoso pararem suas atividades para que seja feita as manutenções. No pavimento a manutenção acontece mais nas juntas, por tanto na utilização do concreto protendido - CP o custo é reduzido. Para que seja evitado retrabalhos e manutenções, os acabamentos nos pavimentos também devem ter uma ótima planicidade e um bom nivelamento (Mateus Berwaldt, 2015).

Uma das grandes vantagens da utilização da protensão, o pavimento consegue obter cargas elevadas, com uma espessura reduzida, redução no número de fissuras, o que prolonga a vida útil do pavimento, em relação ao pavimento de concreto simples. As placas de concreto protendido - CP retêm uma grande dimensão, isso é uma dos motivos das juntas serem mais distantes e poucas (Mateus Berwaldt, 2015).

Conforme PFEIL (1983), “a protensão pode ser definida como o artifício de introduzir, numa estrutura, um estado prévio de tensões, de modo a melhorar sua resistência ou seu comportamento, sob ação de diversas solicitações”. (Braga, Rocha e Sá, 2009).

O motivo pelo qual o volume do concreto é reduzido, controla a vida útil e controlar a fissuração é pelo fato de quando à aplicação da protensão, evita o esforço de tração no concreto, ou seja, anula esse esforço no valor da resistência à tração do concreto ((Braga, Rocha e Sá, 2009).

O papel do reforço é limitar a propagação de fissuras por motivo de retração hidráulica e alterações de temperatura. Deste modo é possível reduzir o número de juntas e aumentar o tamanho das placas (figura 5), (Oliveira, 2000).

Figura 5: pavimento rígido com longas dimensões de placas e poucas juntas.

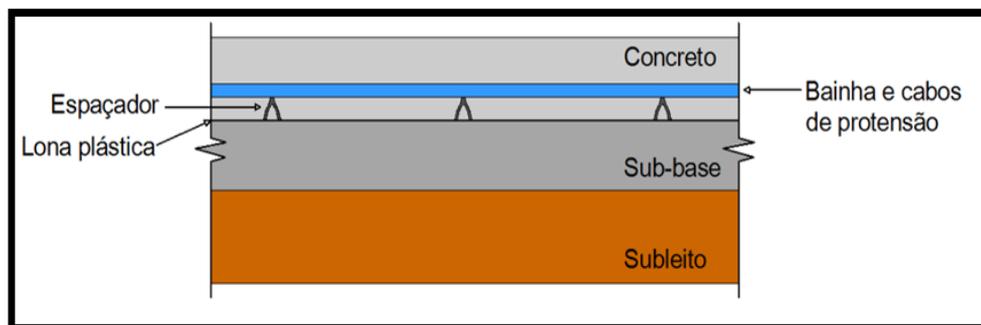


Fonte: (Felipe Cava), 2018.

Quando começar a aparecer fissuras devido ao alto fluxo de veículos ou de carregamento excessivo, as fissuras fechará logo em seguida de cessada a ação. Isso acontece pela tensão contínua da compressão aplicada no concreto, o que não acontece nos outros tipos de pavimento (Gomes Júnior, 2009).

Para a realização de um pavimento em concreto protendido primeiro é estudada as camadas do solo no local onde vai ser executada, a fim de avaliar as características e propriedades mecânicas. Com esses dados apresentados, é realizado o preparo do subleito e logo a seguir a execução da sub-base, para ambos, deve conter a compactação feita com controle da umidade e em seguida a preparação para o concreto protendido (figura 6), (Gomes Júnior, 2009).

Figura 6: perfil de um pavimento de concreto protendido



Fonte: (Mateus Berwald), 2015.

Recomendado pelo ACI 318 para a execução da protensão devem ser

atendidas quando o cabo tiver até 36,00 m pode ser protendidos somente por 1 extremidade (ativa/passiva), passando desse valor até 72 m devem ser protendidos pelas as duas extremidades (ativa/ ativa) e acima de 72 m devem ser feita uma ancoragem intermediária, onde é feita em duas etapas, ou seja, uma junta de construção (Enio Yuri, 2022).

4 - PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

Desenvolvemos esta pesquisa de forma qualitativa, com base na literatura onde o concreto convencional apresentou uma resistência diferente da resistência do concreto protendido, os nossos dados coletados é com base em cima dos pontos positivos e negativos revelando resultados essenciais da economia, resistência mecânica e do concreto convencional vs concreto protendido, no que agrega a uma boa durabilidade, a uma alta resistência, uma boa qualidade e menos manutenções. Foram encontrados fatores que se aplicam no uso da viabilidade econômica como: maior durabilidade, redução de matérias, complexibilidade da construção; Outro fator interessante é a resistência mecânica a qual, exerce: durabilidade, custo benefícios, entre outros. E por fim, as diversas considerações que envolvem o concreto protendido e convencional. Para tanto, foram consultados artigos científicos nas bases de dados os quais forneceram informações suficientes para o desenvolvimento dessa pesquisa, as palavras chaves que foram empregadas para esse tipo de consulta são concreto protendido, pavimentos e protensão. O total de referências usadas para a realização da pesquisa foram em torno do ano de 1979 a 2022.

5 - RESULTADOS

5.1 - Pontos Positivos e Negativos:

Relação ao uso do concreto protendido em pavimentos pode ser tanto positiva quanto negativa, dependendo de diversos fatores que precisam ser minuciosamente avaliados. Vamos explorar os aspectos positivos e negativos:

5.1.1 - Economias:

Pontos positivos:

- Maior durabilidade: O concreto protendido tende a ter uma vida útil mais longa, reduzindo custos de manutenção ao longo prazo, o que é especialmente benéfico em locais de tráfego intenso (Edna, 2010).
- Redução de materiais: A técnica permite a utilização eficiente de materiais, reduzindo a quantidade necessária de concreto, o que pode resultar em economias significativas (Edna, 2010).
- Capacidade de vãos maiores: O concreto protendido é ideal para pavimentos em pontes e viadutos, permitindo vãos maiores sem a necessidade de pilares intermediários, o que economiza espaço e dinheiro (Bruno Souza, 2016).
- Melhor desempenho sob cargas pesadas: Pavimentos de concreto protendido suportam cargas pesadas com mais eficiência, minimizando a necessidade de reparos frequentes (Edna, 2010).

Pontos negativos:

- Custo inicial elevado: A implementação do concreto protendido exige equipamentos e técnicas especiais, tornando o custo inicial substancialmente mais alto do que o concreto convencional (Ricardo Amorim, 2022).

- Complexidade da construção: A execução do concreto protendido é mais complexa e requer mão de obra especializada, o que pode aumentar os custos e o tempo de construção (Mateus Berwaldt, 2015).
- Requisitos de manutenção: Embora a manutenção a longo prazo seja reduzida, quando necessário, pode ser dispendiosa e complexa devido à natureza do sistema (Mateus Berwaldt, 2015).
- Viabilidade contextual: A econômica varia de acordo com o local e as demandas estruturais específicas do projeto, tornando necessário um estudo individualizado (Mateus Berwaldt, 2015).

Em tese, a economia do concreto protendido em pavimentos é influenciada por uma interação complexa de fatores. O concreto protendido oferece vantagens em termos de durabilidade e economia a longo prazo, mas o custo inicial, a complexidade do projeto e os requisitos de manutenção especializada podem representar desafios econômicos. A análise econômica deve considerar o cenário específico e as necessidades do projeto em questão (figura 7) (Mateus Berwaldt, 2015).

Figura 7: Pavimento rígido de concreto protendido



Fonte: (Glória Belmonte), 2015.

5.1.2 - Resistência Mecânica:

O concreto protendido apresenta vantagens e desvantagens em relação à resistência mecânica quando usado em pavimentos.

Vantagens:

- Melhoria do comportamento da estrutura entre as fases de fissuração e ruptura (Mateus Berwaldt, 2015);
- A ruptura do cabo em um ponto tem consequências muito limitada, logo o concreto e o aço estão unidos e apenas o ponto da ruptura ficará sem protensão (Mateus Berwaldt, 2015);
- Quando a nata de cimento é bem injetada, ela pode fornecer proteção confiável e permanente para barras de aço ativas (Ricardo Amorim, 2022).

Desvantagens:

- Uma desvantagem potencial em relação à resistência mecânica de pavimentos de concreto protendido é o risco da corrosão nos cabos da protensão. Quando os cabos de protensão se corroem, haverá perdas de parte da sua capacidade de suportar a carga, onde acaba comprometendo a resistência mecânica do pavimento (Ricardo Amorim, 2022).

5.1.3 - *Protensão x Convencional:*

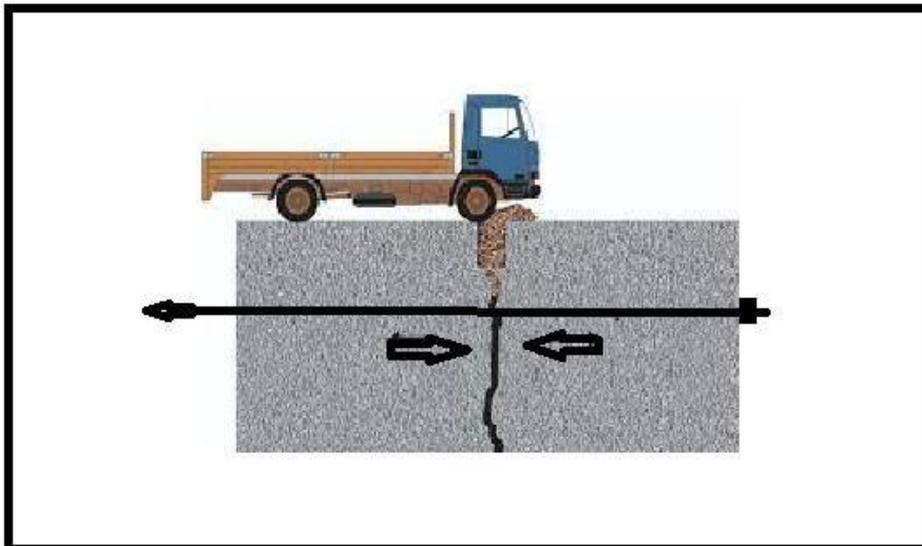
O uso do concreto protendido e do concreto convencional em pavimentos tem vantagens e desvantagens distintas.

Concreto protendido:

Vantagens:

- Propicia sustentar vãos maiores que o concreto convencional, para o mesmo vão, concede a redução da altura necessária do concreto (Mateus Berwaldt, 2015);
- Pavimento de concreto protendido encontra a resistência necessária, de modo mais rápida e eficiente (Mateus Berwaldt, 2015);
- Com a aplicação da protensão, evita o esforço de tração no concreto e se com o excessivo carregamento no pavimento ocorrer fissuras, logo a seguir a protensão manterá as fissuras fechadas (figura 8) (Roberto Chust, 2012);

Figura 8: Efeito causado pela protensão quando ocorre uma fissura causada pelo o alto carregamento.



Fonte: (Autoras), 2023.

- A força de protensão habitualmente aproxima o aço do escoamento, portanto qualquer deformação deste material até o seu limite de escoamento não afetará o concreto. À medida que a força de tração sobre o concreto for reduzida ou eliminada, sua deformação será muito menor (Mateus Berwaldt, 2015);
- Em ambientes mais agressivos à um aumento da segurança, com os fechamentos das fissuras são imediatos, o aço continuará protegido no interior do concreto contra a corrosão, fazendo com que o pavimento

tenha uma vida útil prolongada (Mateus Berwaldt, 2015);

Desvantagens:

- Custo Inicial: Os materiais e mão de obra especializados necessários para o concreto protendido podem ser mais caros comparados com o concreto convencional (Balbo, 2016);
- Complexibilidade Construtiva: A técnica construtiva da protensão exige equipamentos e conhecimento especializados, o que pode aumentar os custos e a complexibilidade da construção (Balbo, 2016);
- Manutenção Especializada: Quando ocorrem problemas, como corrosão dos cabos de protensão, os reparos podem ser complexos e dispendiosos (Balbo, 2016);
- Atraso na construção: Devido à complexibilidade dos processos de protensão, a construção com concreto protendido pode ser uma desvantagem em projetos com prazos rígidos (Balbo, 2016).

Concreto convencional:

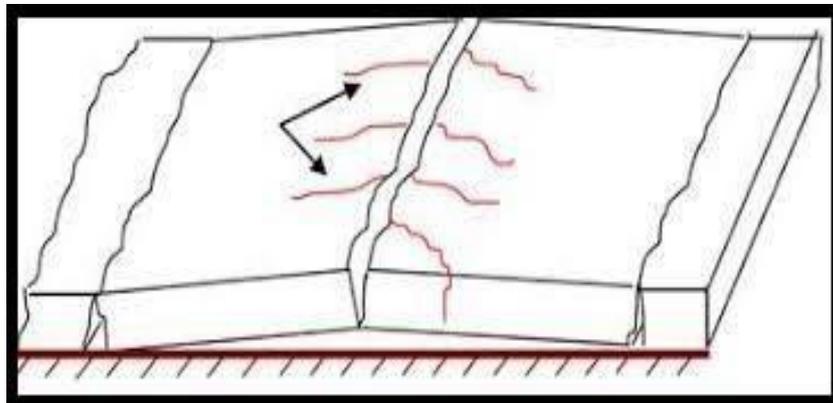
Vantagens:

- Custo inicial menor: O concreto convencional é geralmente mais acessível em termos de materiais e mão de obra (Mateus Berwaldt, 2015);
- Praticidade construtiva: A construção com o concreto convencional é mais simples e mais amplamente conhecida (Mateus Berwaldt, 2015);
- Ampla disponibilidade de mão de obra: Facilmente encontra-se profissionais qualificados disponíveis (Mateus Berwaldt, 2015);
- Facilidade de reparo: Caso ocorram danos, o concreto convencional pode ser reparado com relativa facilidade e a um custo menor em comparação com o concreto protendido (Mateus Berwaldt, 2015).

Desvantagens:

- Um dos problemas que é propício a acontecer quando se é utilizado o concreto convencional, ao decorrer das passagens de altas cargas em cima do pavimento através das juntas de dilatação e movimentação vai com o tempo formando cavitação no pavimento, chamados de Esborcinamento levando a causar acidentes (Mateus Berwaldt, 2015);
- Menor resistência: O concreto convencional não tem a mesma capacidade de suportar cargas pesadas como o concreto protendido (Mateus Berwaldt, 2015).
- Exige um total de camadas maiores: Para atender aos mesmos requisitos de carga, os pavimentos de concreto convencional geralmente exigem espessuras maiores (Mateus Berwaldt, 2015);
- Maior Manutenção: Pode requerer mais manutenção ao longo do tempo devido a fissuras e desgastes, gerando altos custos (figura 9) (Mateus Berwaldt, 2015).

Figura 9: Fissuras causadas através de junta de dilatação.



Fonte: (Monique Calvalcante), 2010.

6 - CONCLUSÃO

Em conclusão, a adoção do concreto protendido na produção de vias pavimentares oferece uma gama significativa de benefícios. A resistência superior desse material não apenas prolonga a vida útil das pavimentações, reduzindo os custos de manutenção, mas também permite a construção de estruturas mais leves e eficientes. Além disso, a capacidade de pré-fabricação e a rapidez na execução contribuem para minimizar os impactos no tráfego durante o processo construtivo, garantindo uma abordagem mais eficaz e econômica na implementação e melhoria de infraestruturas viárias.

Em um contexto mais amplo, a escolha do concreto protendido não apenas atende às exigências técnicas de resistência e durabilidade, mas também alinha-se com princípios de sustentabilidade ao reduzir a necessidade de intervenções frequentes, economizando recursos e energia ao longo do ciclo de vida das vias pavimentares. Essa abordagem integrada, combinando eficiência estrutural, praticidade construtiva e preocupação ambiental, destaca o concreto protendido como uma solução versátil e vantajosa para o desenvolvimento e aprimoramento de infraestruturas viárias.

REFERÊNCIAS

BERWALD, Mateus. **Utilização de concreto protendido em pavimentos portuários**. 2015. 163 p. Tese de Doutorado. Dissertação (mestrado em Engenharia Oceânica). Rio Grande–RS.

CÉSAR JÚNIOR, Kléos L.; VERÍSSIMO, Gustavo de S.. **Concreto Protendido: Fundamentos Básicos**, 1998. Notas de Aula. Universidade Federal de Viçosa.

GOMES J, H. A; **Vigas protendidas - estudo da norma e modelagem com auxílio de programa de análise comercial**. 2009, 92 p. Monografia de graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro — RJ.

HANAI, João Bento. **Fundamentos do concreto protendido**. 2005. 106 p. E-book de apoio para o curso de engenharia civil. Universidade de São Paulo. São Carlos — SP.

GRAZIANO, F..P. **Lajes Protendidas com Cordoalhas Engraxadas – Parte 1**. 2000. 48p. Revista Técnica No. São Paulo – RJ.

CARVALHO, ROBERTO CHUST. **Estrutura em concreto protendido: Cálculo e detalhamento**. 2012. Pini. São Paulo — SP.

VASCONCELOS, A. C. — **Documentário sobre Pavimentos de Concreto Protendido para Aeroportos e Rodovias**. 1979.Ibracon. São Paulo – SP.

BRAGA, Flávio H.; ROCHA, Dinésio P.; SÁ, Rodrigo R.. **Pisos Industriais de Concreto. Informativo técnico da Realmix**. 2009. Aparecida de Goiânia.

OLIVEIRA, Patrícia L.. **Projeto Estrutural de Pavimentos Rodoviários e de Pisos Industriais de Concreto**. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Estruturas. USP, 2000. São Carlos.

PESSOA, Ricardo Amorim. **Efeito do nióbio no comportamento mecânico de um aço alto carbono utilizado em concreto protendido**. 2022.

BALBO, José Tadeu. **Pavimentos de concreto**. Oficina de Textos, 2016.

MELO, Enio Yure Lopes de. **Análise comparativa entre o dimensionamento à flexão de lajes lisas em concreto armado e protendido com monocordalhas engraxadas utilizando o Método dos Pórticos Equivalentes do ACI 318 (2019)**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

POSSAN, Edna. **Modelagem da carbonatação e previsão de vida útil de estruturas de concreto em ambiente urbano**. 2010.

BELMONTE, Glória. **DocPlayer. Estradas de concreto: este é o caminho do futuro**, 2015. Disponível em: Acesso em: <<https://docplayer.com.br/176372-Estradas-de-concreto-este-e-o-caminho-do-futuro.html>>. Acesso em: 02, outubro de 2023.

CAVALCANTE, Monique. **Patologias Em Pavimentos de Concreto**. *Revista Poli*, 2010. Disponível em: <http://revistas.poli.br/index.php/rep/article/view/584/558> . Acesso em: 18, outubro, 2023.

FIGURA 1: Construção da Ponte do General Uriburu na Argentina, meados de 1945. Fonte:(Libresteinforma),2018. Disponível em: (<https://2.bp.blogspot.com/1BvjksHa6Y/UgIM9J1nesI/AAAAAAAAA2k/Bdgt3H097t0/s1600/puente8.jpg>)

