

# ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA COM CONCRETO BETUMINOSO USINADO A QUENTE E AREIA ASFALTO USINADO A QUENTE A CUSTOS DE MACAPÁ

Endria Rayana da Silva Costa (UEAP)

endria\_rayana@hotmail.com

Wylckson Machado Costa (UEAP)

wylckson93@gmail.com



*A análise de viabilidade econômica consiste em avaliar entre duas ou mais alternativas de investimentos de modo a identificar qual delas será a melhor decisão possível a ser tomada. Nesse contexto o presente artigo tem como objetivo realizar uma análise comparativa de viabilidade econômica voltada para pavimentação asfáltica com aplicação de dois materiais diferentes - Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) e Areia Asfalto Usinado a Quente (AAUQ) em um trecho que corresponde a 100 km de uma via urbana da cidade de Macapá. Para isso, torna-se indispensável a utilização de alguns métodos adotados pela disciplina da Engenharia Econômica: o método do Custo Anual Uniforme (CAU), o método do Valor Presente Líquido (VPL) e a técnica do MMC (Mínimo Múltiplo Comum). Durante a elaboração do projeto foram coletados dados referentes a aquisição de máquinas, mão-de-obra, matéria-prima, custos com manutenção e depreciação de máquinas e equipamentos. Através dos métodos escolhidos, os resultados obtidos foram: para a pavimentação asfáltica com a aplicação de AAUQ, gerou-se um CAU=R\$ - 441.692,18 e um VPL=R\$ - 54.636.966,95 a uma taxa mínima de atratividade de 10% ao ano, contrapondo-se aos resultados gerados com a aplicação de CBUQ que apresentou um CAU=R\$ - 473.794,60 e um VPL=R\$ - 58.814.210,95 a mesma TMA. Portanto, constatou-se que a melhor alternativa a ser investida, mesmo que em longo prazo, é a pavimentação com AAUQ, tendo em vista que esta apresenta menor custo em relação ao CBUQ.*

*Palavras-chave: Pavimentação asfáltica. Viabilidade Econômica. CBUQ. AAUQ. Valor Presente Líquido. Custo Anual Uniforme. Técnica do MMC.*

## 1. Introdução

Pavimento é uma estrutura de múltiplas camadas de espessuras finitas, construída sobre a superfície final de terraplenagem, destinada técnica e economicamente a resistir aos esforços oriundos do tráfego de veículos e do clima, e a propiciar aos usuários melhoria nas condições de rolamento, com conforto, economia e segurança (BERNUCCI, 2006).

Uma pesquisa realizada em 2014 pela Confederação Nacional dos Transportes – CNT – informa que as cidades brasileiras, na sua maioria, apresentam mais da metade de sua malha viária não pavimentada. Um dos grandes agravantes para essa situação está relacionado à falta de recursos necessários para a execução das obras de pavimentação.

Uma vez que há precariedade na maioria das vias da capital Macapá do ponto de vista da má qualidade do material que, conseqüentemente, acarreta a deterioração das vias, tendo em vista que há um alto custo com investimentos que não proporcionam retornos viáveis para a empresa e também para a sociedade, é notória a necessidade de que estudos demonstrem a melhor maneira de trabalhar a revitalização adequada e, principalmente econômica que deverá contribuir para a otimização da qualidade do meio e da vida de uma empresa, assim como, da vida da população. Além disso, as análises de investimentos tanto de máquinas, mão-de-obra qualificada ou matéria-prima adequada que devem ser utilizadas na pavimentação das rodovias é de extrema importância para facilitar as tomadas de decisão do poder público.

Segundo dados da Secretaria de Transportes do Estado do Amapá – SETRAP – os tipos de asfalto mais utilizados nas vias da cidade de Macapá são: o CBUQ (Concreto Betuminoso Usinado a Quente), AAUQ (Areia Asfalto Usinado a Quente) e o PMF (Pré-Misturado a Frio). Para esta análise comparativa, serão utilizados o CBUQ e AAUQ para pavimentação de um trecho de cem quilômetros com conclusão da obra projetada para um ano e dois meses com o intuito de finalizar uma obra que proporcione menores custos e resultados bem sucedidos a curto ou longo prazo.

## 2. Engenharia Econômica

“A Engenharia Econômica desenvolve seus estudos voltados para a área produtiva, na qual se preocupa principalmente com investimentos de longo prazo, abordando aspectos da seleção e substituição de equipamentos, a melhoria de processos, a compra ou construção de imóveis, a implantação ou

substituição de plantas industriais, o lançamento ou substituição de produtos, entre outros” (PILÃO, 2006).

Partindo da necessidade de se comparar alternativas econômicas a fim de se obter o melhor investimento toma-se como parâmetro alguns dos métodos de Análises de Alternativas Econômicas: Método do Valor Presente Líquido adotando a Técnica do MMC (Mínimo Múltiplo Comum); Método do Valor Futuro Líquido; Método do Valor Uniforme Líquido; Método do Benefício/Custo; Método da Taxa de Retorno e Método do Prazo de Retorno, todos os métodos darão os mesmos resultados.

## **2.2 Escolha do Método**

### **2.2.1 Custo Anual Uniforme (CAU)**

Conforme Pilão (2006, p. 95), o Método do Custo Anual Uniforme consiste em distribuir ao longo da vida útil todos os valores existentes no fluxo de caixa, transformando-os em uma única Série Uniforme (R) de pagamentos e recebimentos. Para a distribuição dos valores de maneira uniforme se utiliza a taxa mínima de atratividade e como resultado, a escolha da melhor alternativa é feita quando os cálculos demonstram um CAU positivo, nulo ou ainda o maior CAU.

### **2.2.2 Valor Presente Líquido (VPL)**

O Método do Valor Presente Líquido consiste em determinar as necessidades de caixa ou retorno de um investimento realizado, utilizando-se do somatório dos valores presentes das receitas com os valores presentes dos custos que serão aplicados no instante 0 representados no fluxo de caixa. Esse método realiza comparações de valores futuros com um valor presente levando em conta os juros e o valor do dinheiro no tempo.

### **2.2.3 Método do Valor Presente Líquido para investimentos com vidas úteis diferentes**

#### **2.2.3.1 Técnica do MMC (Mínimo Múltiplo Comum)**

Esse método é utilizado quando se quer realizar análises de duas ou mais alternativas que possuam vidas úteis diferentes. Dessa forma, é necessário definir o MMC entre as vidas úteis das alternativas analisadas e projetar os valores de investimentos no fluxo de caixa, repetindo-os, conforme for necessário, de maneira idêntica equiparando os períodos e, por fim, calculando o VPL de cada um.

### 3. Tipo de Asfalto Utilizado na Cidade de Macapá

- **CBUQ – Concreto Betuminoso Usinado a Quente:** é uma mistura executada em usina apropriada, composta de agregado mineral graduado, material de enchimento (filer) e ligante betuminoso que será comprimido a quente. Os agregados e ligantes são normalmente aquecidos antes de serem misturados. Embora tenha um custo mais elevado, o CBUQ suporta maiores cargas respeitando as normas do DNIT. Para o projeto foi estimado uma vida útil de 8 anos para esse tipo de pavimento, pois trata-se de um “pavimento flexível que dura em torno de 10 anos com manutenção” (IBRACON, 2008).
- **AAUQ – Areia Asfalto Usinado a Quente:** assim como o CBUQ, a Areia Asfalto também é uma mistura preparada a quente em usina apropriada, é composta por agregado miúdo, material de enchimento (FILER) e cimento asfáltico, comprimida e espalhada a quente. Levando em consideração o tempo de vida útil estimado para o CBUQ, foi determinada uma vida útil de 5 anos para a AAUQ.

### 4. Procedimentos Metodológicos

Este estudo teve início a partir de uma coleta de dados obtida por meio de entrevistas realizadas na diretoria da SETRAP – Secretaria de Transportes do Estado do Amapá, assim como através de pesquisas em livros, artigos e busca de dados pela internet.

Como resultado dessas entrevistas na Secretaria de Transportes foi possível levantar alguns dados importantes para o projeto, tais como o tipo de asfalto utilizado para obras de pavimentação na cidade de Macapá e a quantidade de máquinas e mão-de-obra necessárias para realização da obra.

Tomando como referência os dados que se apresentam no site do DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - para o Amapá, foram obtidas as seguintes informações: custos com máquinas e equipamentos, custo com mão-de-obra, cálculo dos custos com manutenção e depreciação.

### 5. Resultados e Discussões

Os materiais CBUQ e AAUQ apresentam vida útil projetada para 8 e 5 anos, respectivamente, desprezando os custos com manutenção e considerando um tráfego mediano

de veículos (leves e pesados) e respondem a determinadas especificações normatizadas pelo DNIT e fornecidas pela SETRAP, conforme a tabela 1, abaixo:

**Tabela 1: Especificações do asfalto com CBUQ e AAUQ**

<b>Tipo de Asfalto</b>	<b>Espessura</b>	<b>Largura</b>	<b>Peso Específico</b>
CBUQ	0,05 m	07 m	2,4
AAUQ	0,05 m	07 m	2,2

Fonte: SETRAP

De acordo com informações adquiridas pela SETRAP, o custo por tonelada do CBUQ e AAUQ são R\$ 335,30/t e R\$ 228,70/t, respectivamente (tabela 2).

A partir do Manual de Custos para Obras Públicas do DNIT é possível calcular o custo horário com manutenção de cada máquina por meio da seguinte expressão:

$$M = \frac{V_a \times K}{H}$$

M = Custo horário com manutenção (R\$/h);

V<sub>a</sub> = Valor de Aquisição do Equipamento;

H = Vida útil em horas;

K = Coeficiente de Manutenção.

A tabela 2 fornece dados de preços de cada material que será aplicado durante um ano e dois meses para conclusão de 100 km de uma via, seguindo de uma manutenção preventiva mensal para cada máquina e equipamento, bem como, custos mensais com alimentação e transporte. Ressaltando que a pavimentação conta com o auxílio de 17 máquinas operando.

**Tabela 2: Despesas Mensais**

<b>Despesas Mensais</b>	<b>Preço</b>	<b>Total Mensal</b>
Matéria-Prima CBUQ	R\$ 335,30/t (unidade)	R\$ 2.011.800,00
Matéria-Prima AAUQ	R\$ 228,70/t (unidade)	R\$ 1.257.850,00
Manutenção das Máquinas	R\$ 60.489,00	R\$ 60.489,00
Alimentação	R\$ 240,00	RS 7.440,00
Transporte	R\$ 130,00	R\$ 4.030,00
	<b>Total</b>	<b>R\$ 3.341.609,00</b>

**Tabela 2: Despesas em Um ano e Dois meses**

## 6. Orçamento de Máquinas/Equipamentos e Mão-De-Obra

As informações do maquinário e mão-de-obra necessários para execução de obras de pavimentação asfáltica foi fornecido pela Secretaria de Transportes. Já os preços das máquinas (Tabela 3) e salários dos funcionários (Tabela 4 - sem desoneração e com encargos) foram obtidos através do site do DNIT pelo Sistema de Custos Rodoviários referente à pesquisa do mês de Setembro de 2014 para o estado do Amapá.

**Tabela 3: Custos com Máquinas e Equipamentos**

<b>Máquinas</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Valor de Aquisição</b>	<b>Total</b>
Caminhões Basculantes	04	R\$ 284.556,94	R\$ 1.138.227,76
Vibro Acabadora	01	R\$ 585.290,73	R\$ 585.290,73
Rolo Compactador	01	R\$ 394.593,28	R\$ 394.593,28
Rolo Tander	01	R\$ 181.181,40	R\$ 181.181,40
Vassoura Mecânica	01	R\$ 31.348,65	R\$ 31.348,65
Retro Escavadeira	01	R\$ 211.420,15	R\$ 211.420,15
Trator Agrícola (Girico)	01	R\$ 128.579,90	R\$ 128.579,90
Carregadeira de Pneus	01	R\$ 330.320,18	R\$ 330.320,18
Usina de Asfalto	01	R\$ 1.401.220,50	R\$ 1.401.220,50
Distribuidor de Asfalto	01	R\$ 330.352,42	R\$ 330.352,42
Caminhonete	01	R\$ 34.617,96	R\$ 34.617,96
Caminhão Pipa	02	R\$ 206.143,39	R\$ 412.286,78
Caldeira de Asfalto	01	R\$ 58.350,82	R\$ 58.350,82
		<b>Total</b>	<b>R\$ 5.237.790,53</b>

Fonte: DNIT – Sistema de Custos Rodoviários – Setembro/2014

O custo horário com depreciação das máquinas e equipamentos, também adquirido no Manual de Custos para Obras Públicas do DNIT, é obtido pela seguinte equação:

$$dh = \frac{Va - R}{n \times HTA}$$

dh = Depreciação horária;

Va = Valor de Aquisição;

R = Valor Residual;

n = Vida útil;

HTA = Quantidade de horas trabalhadas por ano.

Segundo a SETRAP o processo de pavimentação asfáltica divide-se em três etapas: Usinagem, Transporte e Execução na Pista. Na tabela 4 estão listadas as etapas de execução seguidas da mão-de-obra mínima necessária para cada atividade e os salários correspondentes.

**Tabela 4: Custos com Mão-de-Obra Mínima Mensal**

<b>Atividades</b>	<b>Cargo</b>	<b>Quant.</b>	<b>Salário Unitário Com Encargos</b>	<b>Salário Total</b>
Usinagem	Encarregado de Usina	01	R\$ 5415,25	R\$ 5415,25
	Operador de Usina	01	R\$ 3732,45	R\$ 3732,45
	Operador de Pá-Carregadeira	01	R\$ 3403,11	R\$ 3403,11
	Operador de Caldeira	01	R\$ 2374,04	R\$ 2374,04
	Maçariqueiro	01	R\$ 2361,04	R\$ 2361,04
	Serventes	04	R\$ 1725,08	R\$ 6900,32
Transporte	Motorista de Caminh. Basculante	04	R\$ 2493,52	R\$ 9974,08
Execução na Pista	Encarregado	01	R\$ 3337,2	R\$ 3337,2
	Operador de Vibro Acabadora	01	R\$ 3732,45	R\$ 3732,45
	Operador de Rolo Compactador	01	R\$ 2242,6	R\$ 2242,6
	Operador de Rolo Tander	01	R\$ 1660,01	R\$ 1660,01
	Operador de Girico/Vassoura Mecânica	01	R\$ 2242,6	R\$ 2242,6
	Operador de Mesa da Vibro acabadora	02	R\$ 3249,15	R\$ 6498,3
	Rasteleiros	03	R\$ 1607,46	R\$ 4822,38
	Serventes	04	R\$ 1725,08	R\$ 6900,32
	Motorista de Caminhão Pipa	02	R\$ 2493,52	R\$ 4987,04
	Motorista de Caminhonete	01	R\$ 2242,6	R\$ 2242,6
	Motorista Distribuidor de Asfalto	01	R\$ 2493,52	R\$ 2493,52
	<b>∑ = 31</b>		<b>Custos Totais</b>	<b>R\$ 75319,31</b>

Fonte: DNIT – Sistema de Custos Rodoviários – Setembro/2014

## 7. Viabilidade Econômica

### 7.1 Análise Comparativa entre Cbuq e Aauq

Os investimentos necessários com aquisição do maquinário e matéria-prima totalizam R\$ 7.249.590,53 para a aplicação de CBUQ. Na sequência, foram contabilizados os custos mensais com mão-de-obra, manutenção das máquinas, alimentação, transporte e matéria-prima que totalizam R\$ 2.159.078,31. Os custos com depreciação de todas as máquinas e equipamentos perfazem um valor de R\$ 892.368,40 por mês. Ao final de 1 ano e 2 meses, esse maquinário terá um valor contábil de R\$ 4.345.422,15.

Por outro lado, os investimentos para a pavimentação com AAUQ, incluindo máquinas/equipamentos e matéria-prima totalizam um saída de R\$ 6.495.640,53. As despesas mensais com mão-de-obra, manutenção de máquinas, alimentação, transporte e matéria-prima geram um total de R\$ 1.405.128,31. Os custos com manutenção e depreciação são os mesmos para ambas as alternativas, assim como o valor residual das máquinas.

Tendo em vista que o retorno de um investimento na Caderneta de Poupança é de 6% ao ano, toma-se como parâmetro uma Taxa Mínima de Atratividade de 10% ao ano para os dois investimentos analisados em questão. Convertendo essa TMA para uma taxa mensal, obtém-se 0,797% ao mês.

Aplicando o método do Custo Anual Uniforme foi encontrado um valor de R\$ - 476.066,94 para aplicação de CBUQ. Diferentemente do Custo Anual Uniforme gerado para aplicação com AAUQ que corresponde a um valor de R\$ - 444.883,56. E, pelo método do Valor Presente Líquido através da Técnica do MMC equiparando as duas alternativas, o VPL para a utilização de CBUQ foi de R\$ - 59.096.286,30 e, para investimento com AAUQ, o VPL encontrado foi de R\$ - 55.031.7738,77.

## 8. Considerações Finais

Apesar da vida útil do pavimento com Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) ser maior em relação a vida útil da Areia Asfalto Usinado a Quente (AAUQ), não se pode definir, de imediato, o melhor investimento entre os dois. Deve-se, no entanto, adotar alguns métodos que possibilitem uma análise econômica comparativa que proporcione a

viabilidade de determinado investimento quando se consideram apenas custos. Para esse caso, foram utilizados o Método do Custo Anual Uniforme, Valor Presente Líquido e Técnica do MMC.

Através dos resultados encontrados, foi observado que a diferença de se investir na pavimentação do asfalto com CBUQ é de um valor considerável (CAU=R\$ - 476.066,94; VPL=R\$ - 59.096.286,30) quando se compara a pavimentação com AAUQ (CAU=R\$ - 444.883,56; VPL=R\$ - 55.031.7738,77), constatando-se por meio dos dois métodos adotados que este último se apresenta como a melhor alternativa a se investir por apresentar menores custos.

Vale ressaltar que alguns fatores foram desconsiderados no fluxo de caixa durante essa análise, tais como: custos com eletricidade, imposto de renda, logística e aluguel. Outro fator importante a ser considerado é a vida útil do asfalto, pois há variações em relação ao tipo de ambiente que será pavimentado. Portanto, para o caso de futuras pesquisas é recomendado estudos mais aprofundados para uma análise mais precisa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTO RÍGIDO E FLEXÍVEL, **Associação de Ensino Superior Unificado do Centro Leste** – UCL, 2008.

CADERNO DE PERGUNTAS E RESPOSTAS, **DENIT**, 2005. Disponível: <[http://www1.dnit.gov.br/anexo/Caderno/Caderno\\_edital0276\\_05-00\\_0.pdf](http://www1.dnit.gov.br/anexo/Caderno/Caderno_edital0276_05-00_0.pdf)>. Acesso em: 04 de Dezembro.

CLICRBS, 2009. Disponível em: <<http://www.clicrbs.com.br/blog/jsp/default.jsp?source=DYNAMIC, blog.BlogDataServer,getBlog&uf=1&local=1&template=3948.dwt&section=Blogs&post=204714&blog=747&colDir=1&topo=3994.dwt>>. Acesso em: 04 de Dezembro de 2014.

CONVENÇÃO COLETIVA DE TRABALHO, **Sinduscon Ap**, 2013. Disponível em: <<http://www.sindusconpa.org.br/arquivos/File/conv-cct-sindusconxsinticlepemp-2012-2013.pdf>>. Acesso em: 05 de Dezembro de 2014.

MANUAL DE CUSTOS PARA OBRAS PÚBLICAS, **Metodologia e Conceitos**, 2013. Disponível em: <<http://www1.dnit.gov.br/rodovias/sicro/manual.htm>> Acesso em: 03 de Fevereiro de 2015.

MANUAL DE CUSTOS RODOVIÁRIOS, **Metodologia e Conceitos**, 2003. Disponível em: <<http://www1.dnit.gov.br/rodovias/sicro/manual.htm>> Acesso em: 03 de Fevereiro de 2015.

PILÃO, Nivaldo; HUMMEL, Paulo. **Matemática Financeira e Engenharia Econômica: a teoria e a prática da análise de projetos de investimentos**. 1. ed. São Paulo, 2002. P. 95-107.

SECRETARIA DE ESTADO DE TRANSPORTE ESTADO DO AMAPÁ, **Edital de Licitação**, 2014 Disponível em: <[http://www.ap.gov.br/amapa/\\_licita/edital/P.E.008.2014.pdf](http://www.ap.gov.br/amapa/_licita/edital/P.E.008.2014.pdf)>. Acesso em: 03 de Dezembro de 2014.