

# **35ª REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO – 35.ª RAPv**

**RIO DE JANEIRO– RJ - BRASIL - 19 a 21 de Outubro de 2004**

**Local: Auditório da Petrobras Distribuidora  
Rua General Canabarro, 500.**

## **DESENVOLVIMENTO DE *SOFTWARE* BASEADO NOS PROCEDIMENTOS DNER PRO-10 & PRO-11 PARA A REABILITAÇÃO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS**

Trabalho 35ª RAPv- 078

**35ª REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO - 35ª RAPv  
Rio de Janeiro - BRASIL - 19 a 21 de Outubro de 2004**

## **RESUMO**

Rodovias, bens imprescindíveis para a economia do país, são meios que permitem os indivíduos realizarem suas atividades, sendo também um elo para o transporte de insumos e bens de consumo das cadeias produtivas. As rodovias caracterizam-se como um dos maiores investimentos públicos do país, sendo assim, a manutenção e a conservação destas deverão ter caráter prioritário para o setor rodoviário. Dentre os diversos métodos utilizados na reabilitação de pavimentos, o reforço por meio de camadas asfálticas ou recapeamento é o processo mais utilizado para este fim, podendo este tipo de intervenção ser utilizada tanto para corrigir defeitos estruturais como funcionais de pavimentos. Os órgãos rodoviários utilizam em seus projetos de reabilitação de pavimentos, os procedimentos normativos do DNER, PRO-10 e PRO-11. No entanto, tais processos são trabalhosos, em virtude da necessidade de se realizar um elevado número de consultas a nomogramas para se obter informações relativas aos parâmetros utilizados na avaliação e no dimensionamento do reforço do pavimento. Este trabalho teve como objetivo desenvolver um software de apoio ao projeto de reabilitação de pavimentos, tendo como base os procedimentos supracitados, sintetizando-os em um programa de fácil utilização por parte do projetista, sem a necessidade da consulta de nomogramas e minimizando a possibilidade de erros de leitura. Para atingir a meta desejada, foi utilizada a linguagem de programação C++, reconhecida como mais eficaz no meio corporativo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Manutenção de Pavimentos, Avaliação de Pavimentos, DNER, nomogramas.

## **ABSTRACT**

The highways, indispensable goods for the economy of the country, are means that allow the individuals to accomplish its activities, being also a link for the transport of the inputs and goods of consumption for productive chains. The highways are characterized as one of the largest public investments of the country, moreover, their maintenance and the conservation should have a main character for the roadway sector. In the several methods used in the pavements rehabilitation, the reinforcement by asphaltics layers or repavement is the process more used for this, being this intervention type used to correct as structural as functional problems on pavements. The roadways organs use in its projects of rehabilitation of pavements, the normative procedures of DNER, PRO-10 and PRO-11. However, such processes are hard, because they require a high number of consultations on nomographs to obtain relative information to the parameters used in the evaluation and in the design of the reinforcement of the pavement. The main goal of this paper was develop a software to the project of pavements rehabilitation, based on the above-mentioned procedures, synthesizing them in a program of easy use to the planner, without the need of the nomographs consultation and minimizing the possibility of reading mistakes. To reach the wanted goal, the programming language used was C++, recognized as more effective in the corporate way.

**KEY WORDS:** Pavements Maintenance, Pavement Evaluation, DNER, nomographs.

---

<sup>1</sup> Universidade Federal do Ceará. Núcleo de Pesquisa em Logística, Transporte e Desenvolvimento. Rua Carlos Ribeiro, nº 572/303. Cep 60040-420, Fátima, Fortaleza, Ceará. E-mail: bruno@nupeltd.ufc.br.

<sup>2</sup> Universidade Federal do Ceará. Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental. Rua 422, nº 74. Cep 60531-060, Conjunto Ceará, Fortaleza, Ceará. E-mail: magnogc@yahoo.com.br.

<sup>3</sup> Universidade Federal do Ceará. Núcleo de Pesquisa em Logística, Transporte e Desenvolvimento Rua Soriano Albuquerque, nº 155/601. Cep 600130-160, Joaquim Távora, Fortaleza, Ceará. E-mail: nobre@nupeltd.ufc.br.

## INTRODUÇÃO

As rodovias são indispensáveis para o desenvolvimento econômico do nosso país, pois estas não somente permitem que os indivíduos concretizem o seu sistema de atividades como são essenciais para o transporte de insumos e bens de consumo das cadeias produtivas. Prova deste fato é que no Brasil, no ano de 1995, conforme apresentado em [1], o sistema rodoviário propiciou cerca de 95% do transporte de passageiros e 80% do valor comercial das cargas transportadas. Como se trata de uma infra-estrutura presente em diversos pontos do território nacional, o patrimônio viário brasileiro constitui-se no maior investimento público do país.

Sendo assim, devido à importância econômica e ao valor patrimonial representado pelas rodovias, a manutenção e conservação destas deve ser de caráter prioritário para o setor rodoviário. A manutenção de um alto padrão de serventia da rodovia deve ser uma obrigação continuamente cumprida pelo Estado, para que a população seja beneficiada com a redução dos custos de transporte. No entanto, esta vital tarefa vem se tornando cada vez mais difícil de ser efetuada devido aos cortes dos orçamentos para restauração e conservação da malha rodoviária, oriunda da emergente crise econômica do nosso país.

Com isso, as rodovias vêm se deteriorando muito mais rapidamente do que têm sido reparadas, sendo que grande parte da malha rodoviária federal já superou a vida útil de projeto. A idade dos pavimentos e a crescente solicitação de tráfego também compõem o problema, bem como as crescentes exigências dos usuários no que tangem a melhoria da segurança e o respeito ao meio ambiente.

A reabilitação do pavimento pode ser definida como um conjunto de atividades que visam recompor a serventia deste, adaptando a rodovia às condições solicitantes de tráfego atuais e futuras, implicando em um aumento da sua vida útil.

O processo de reabilitação pode resultar nos seguintes benefícios:

- i)* Acrescer a capacidade estrutural dos pavimentos existentes;
- ii)* Reduzir os custos operacionais;
- iii)* Prolongar a vida de serviço do pavimento;
- iv)* Promover uma superfície de rolamento confortável;
- v)* Reduzir os riscos quanto à segurança por meio da melhoria da aderência entre o pneu e o pavimento.

Levando em conta todos estes fatores, vemos que as atividades de reabilitação dos pavimentos fazem parte da vida destes, compondo um conjunto de medidas destinadas a adaptar a rodovia às condições de tráfego existentes de forma a manter ou prolongar o seu período de vida.

A serventia de um pavimento é a propriedade deste de propiciar conforto, segurança e economia ao usuário. A recomposição da serventia ou reabilitação de um pavimento pode ser necessária devido a uma ou mais das razões citadas a seguir:

- i)* Qualidade de rolamento inadequada;
- ii)* Excesso de defeitos de superfície;
- iii)* Redução do coeficiente de atrito entre pneu e pavimento;
- iv)* Necessidade excessiva de serviços de conservação;
- v)* Custos elevados para o usuário;
- vi)* Capacidade estrutural inadequada para a solicitação de tráfego prevista.

Para a escolha da alternativa de reabilitação mais apropriada, anterior ao dimensionamento propriamente dito, existem inúmeros fatores inerentes ao pavimento que podem ser considerados. Na prática, os fatores de projeto mais comumente utilizados são:

- i)* Condição atual do pavimento no que diz respeito aos defeitos de superfície;
- ii)* Solicitação de tráfego, em termos de número de repetições de carga por eixo padrão durante o período de projeto;
- iii)* Capacidade estrutural do pavimento existente.

Dentre os diversos métodos utilizados na reabilitação de pavimentos, o reforço por meio de camada asfáltica ou recapeamento é o processo mais utilizado para este devido fim, sendo que este tipo de intervenção pode ser utilizado tanto para corrigir defeitos estruturais como funcionais.

A expressão “reforço” se aplica para designar uma atividade específica de restauração que implica na sobreposição de uma ou mais camadas asfálticas, as quais responderão pelo aumento da capacidade estrutural e ainda pela correção de deficiências superficiais existentes. O reforço estrutural do pavimento deverá ser concebido quando as operações corretivas de menor vulto já não se fizerem suficientes para conter o processo evolutivo e inexorável de degradação do pavimento.

Portanto, deve-se utilizar métodos de reabilitação do pavimento, tanto para o diagnóstico, quanto para o dimensionamento de reforço. Estas soluções são viabilizadas através de procedimentos normalizados, os quais exigem uma grande quantidade de tempo e um certo conhecimento no manuseamento dos dados. Por isso, e tendo em vista o atual avanço tecnológico, vê-se as ferramentas computacionais existentes, como forma de propiciar o aprimoramento destes processos, de forma a torná-los mais simples e rápidos.

Neste trabalho serão implementados computacionalmente os procedimentos PRO-10/79 e PRO-11/79, adotados pelo DNER. Foi gerado um software para cada um destes, sendo os mesmos capazes de utilizar a metodologia contida em norma e fornecer os resultados previstos, evitando a necessidade de esforço intermediário.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo Geral**

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver um *software*, idealizado em uma interface orientada a objetos, que sintetize os procedimentos PRO – 10/79 e PRO – 11/79 em um aplicativo que não necessite de consulta aos nomogramas contidos nas respectivas normas para projetar o reforço de pavimentos asfálticos flexíveis.

### **Objetivos Específicos**

Como objetivos específicos, podem ser destacados:

- i) Revisar o estado da arte no que tange à confecção de nomogramas;
- ii) Desenvolver um método de obtenção das equações que constituem um nomograma;
- iii) Propor a utilização de programas com interfaces orientadas a objetos, em substituição à recursos gráficos tais como ábacos e nomogramas, como ferramentas de apoio à resolução de problemas de engenharia rodoviária.

## **METODOLOGIA**

A metodologia empregada na elaboração deste trabalho pode ser dividida em quatro partes, citadas a seguir:

- i) Revisão bibliográfica;
- ii) Obtenção das relações matemáticas entre as variáveis que compõem os nomogramas das normas PRO –10/79 e PRO –11/79;
- iii) Desenvolvimento de *software* de apoio ao projeto de reabilitação de pavimentos asfálticos;
- iv) Análise e discussão dos resultados obtidos.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### **Softwares empregados**

Para implementação dos itens *ii* e *iii* da metodologia acima descrita, foi necessário o emprego dos quatro *softwares* listados a seguir:

- i) CorelDRAW 10;
- ii) AutoCAD 2000;
- iii) Microsoft Excel 97;
- iv) Borland C++ Builder 3.0.

Digitalizando os nomogramas por intermédio de um *scanner*, o CorelDRAW 10 foi utilizado para vetorizar as imagens, ou seja, transformar estas em um arquivo que possa ser manipulado por um *software* do tipo CAD. Tendo posse das imagens vetorizadas, foi empregado o programa AutoCad 2000, desenvolvido-se uma rotina em AutoLISP para realizar leituras dos gráficos automaticamente, sendo os resultados obtidos transpostos em uma planilha eletrônica. Utilizando o Microsoft Excel 97, foi possível ajustar linhas de tendência aos conjuntos de pontos oriundos da rotina em AutoLISP, sendo determinadas às equações que regem as relações entre as variáveis contidas nos nomogramas. Para a idealização do aplicativo, foi utilizado o programa Borland C++ Builder 3.0, sendo possível o desenvolvimento de um projeto com interface orientada a objetos.

### **Nomogramas**

Antes do advento das calculadoras científicas e dos microcomputadores, o tratamento matemático dos problemas de engenharia era muito restrito. Devido à carência de métodos computacionais que auxiliassem a resolução de equações, o meio corporativo da engenharia preferiu adotar métodos gráficos para abordar os mais diversos problemas. Dentre os métodos gráficos mais utilizados para o fim mencionado, podemos citar os ábacos e os nomogramas.

De acordo com [2], os nomogramas, também conhecidos como mapas topográficos, são técnicas para representar uma relação funcional entre três variáveis em um plano. Normalmente deveríamos representar estas relações em um gráfico tridimensional, contudo utilizando escalas não lineares, é possível facilitar a visualização da imagem da função.

Na conjuntura atual, dado aos inúmeros métodos computacionais existentes para apoiar o engenheiro em seus cálculos, a utilização de gráficos como o exemplo da figura 1, para a solução de problemas, está ficando menos comum. Infelizmente, as equações que deram origem aos ábacos e nomogramas acabaram se perdendo da literatura, obrigando ainda à utilização dos métodos gráficos para o fim supracitado.

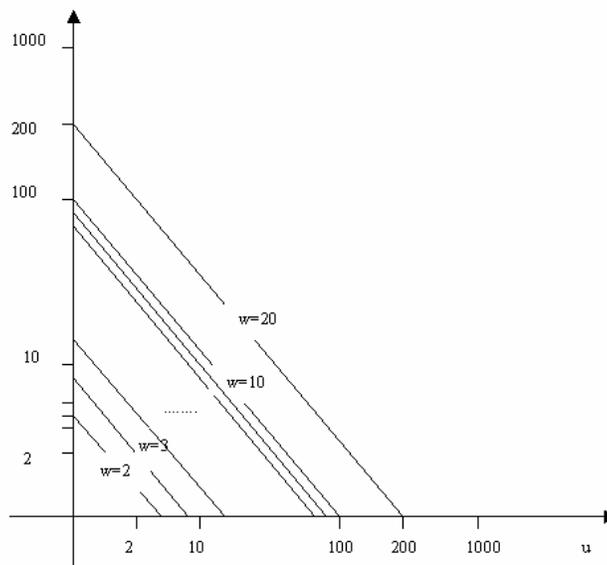


Figura 1. Exemplo de um nomograma.

#### Procedimentos PRO – 10/79 E PRO – 11/79

A Norma Avaliação Estrutural dos Pavimentos Flexíveis Procedimento – A DNER PRO-10/79 é um dos métodos normalizados destinados para o dimensionamento de reforços de pavimentos, tendo seus princípios básicos derivados do trabalho "Análise das Condições de Deformabilidade de Reforços com Base na Experiência Californiana". O procedimento em questão é uma adaptação do método de dimensionamento adotado pela *California Division of Highways*, antiga CDA, atual CALTRAN, onde se propôs, entre outras inovações, soluções nomográficas que eliminavam a iteratividade do método.

O PRO - 10/79, tal como o descrito em [3], estabelece os procedimentos necessários para avaliação estrutural de pavimentos flexíveis existentes, apontando as causas de suas deficiências e fornecendo elementos para o cálculo da vida restante ou do reforço necessário para um novo número de solicitações de eixos equivalentes ao eixo padrão durante o período de projeto considerado. Os dados de entrada necessários para a aplicação do procedimento supracitado são:

- i) Índice de Gravidade Global (IGG);
- ii) Média das Flechas nas trilhas de rodas (F);
- iii) Incidência Percentual de Afundamentos Plásticos (AP%);
- iv) Deflexão de Projeto ( $d_0$ );
- v) Deflexão Admissível ( $d_{adm}$ );
- vi) Índice de Tráfego (IT).

Conforme [4], o Índice de Gravidade Global é obtido através do somatório dos índices de Gravidade Individuais (IGI's) em trechos homogêneos de rodovia com extensão máxima de um quilômetro. O IGI é calculado através do produto da frequência das patologias catalogadas no pavimento pelos seus respectivos fatores de ponderação. A variável F corresponde ao valor médio das flechas ou deflexões mensuradas nas trilhas de roda da extensão considerada. A Incidência Percentual de Afundamentos Plásticos corresponde à percentagem de estações inventariadas na extensão considerada apresentando afundamentos plásticos tanto locais quanto nas trilhas de roda de reconhecimento de gravidade. Os valores das deflexões admissíveis e de projeto são parâmetros estipulados no processo de projeto da superestrutura da rodovia. O Índice de Tráfego diz respeito ao número de veículos que farão uso da rodovia em seu tempo de serviço.

Dependendo do tipo de pavimento empregado (concreto betuminoso ou tratamento superficial sobreposto a camadas granulares), o procedimento PRO – 10/79 baseia-se em relações entre as variáveis acima, explicitadas ao projetista através de cinco complexos nomogramas, para o estabelecimento de diretrizes ao projeto de reabilitação.

O nomograma 1 é utilizado para determinação da deflexão admissível em pavimento de concreto betuminoso. O nomograma 2 é utilizado para determinação da deflexão admissível em pavimentos revestidos por tratamento superficial. O nomograma 3 destina-se ao cálculo da espessura mínima de concreto betuminoso suficiente para a proteção do material subjacente contra deformações plásticas e/ou degradação granulométrica. O nomograma 4, ilustrado na figura 2 do texto como exemplo, é utilizado para o cálculo do reforço em pavimento constituído por concreto betuminoso e o nomograma 5 calcula a redução percentual de deflexão no pavimento.

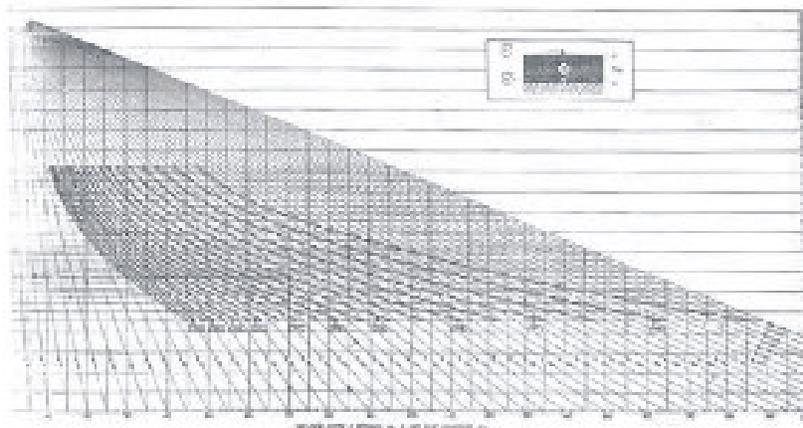


Figura 2. Nomograma 4 do procedimento PRO – 10/79.

A descrição das relações entre as variáveis de projeto e o algoritmo para implementação do estabelecimento das diretrizes é bastante extensa, fugindo ao alcance deste texto. Logo, é apresentada abaixo, na Tabela 1, uma síntese das possíveis diretrizes.

IGG	F e AP%	$d_0$ e $d_{adm}$	Decisão quanto ao aproveitamento da estrutura existente e quanto às medidas corretivas a serem levadas em conta no projeto.
IGG ≤ 180	F ≤ 30mm e AP ≤ 33%	$d_0 \leq d_{adm}$	1. Aproveitamento total do valor residual do pavimento existente; 2. Programação de reparos locais, se necessário; 3. Programação de tratamento de rejuvenescimento, se necessário.
		$3 d_{adm} \geq d_0 > d_{adm}$	1. Aproveitamento total do valor residual do pavimento existente; 2. Programação de reparos locais, se necessário; 3. Programação de reforço com base no critério de deformabilidade.
		$d_0 > 3 d_{adm}$	1. Aproveitamento total do valor residual do pavimento existente; 2. Programação de reparos locais, se necessário; 3. Projeto de reforço com base no critério de deformabilidade e projeto de reforço com base no critério de resistência, no caso de aproveitamento total do valor residual do pavimento existente. Projeto de nova estrutura com base no critério de resistência, no caso de aproveitamento parcial do valor residual do pavimento existente.
IGG > 180	F > 30mm ou AP > 33%		1. Aproveitamento total do valor residual do pavimento existente; 2. Programação de reparos locais; 3. Projeto de reforço com base no critério de resistência, no caso de aproveitamento total do valor residual do pavimento existente. Projeto de nova estrutura com base no critério da resistência, no caso de aproveitamento parcial do valor residual do pavimento existente.
			Remoção parcial ou total do pavimento e sua substituição parcial ou total por nova estrutura projetada com base no critério de resistência.

Tabela 1. Estabelecimento de diretrizes de projeto aplicando o procedimento PRO – 10/79.

Segundo [5], ainda não se dispõe de critérios universalmente aceitos que possibilitem uma fácil tomada de decisão no que diz respeito à avaliação estrutural dos pavimentos. Sendo assim, o Departamento Nacional de Estradas de Rodagem também adota a Norma Avaliação Estrutural dos Pavimentos Flexíveis Procedimento – B DNER PRO-11/79 como opção ao engenheiro rodoviário como método de apoio à gerência de infra-estruturas.

O método PRO – 11/79 é mais simples do que o procedimento PRO – 10/79, pois além de levar em consideração um menor conjunto de variáveis, utiliza apenas dois ábacos: um para o cálculo da deflexão admissível e outro para o dimensionamento da espessura de reforço do pavimento em concreto betuminoso.

As variáveis de projeto necessárias para aplicar o procedimento PRO – 11/79 são:

- i) Índice de Gravidade Global (IGG);
- ii) Raio de Curvatura (R);
- iii) Deflexão de Projeto ( $d_0$ );
- iv) Deflexão Admissível ( $d_{adm}$ );
- v) Índice de Tráfego (IT).

A descrição das variáveis acima já foi feita quando foi apresentado o procedimento PRO- 10/79, com exceção da variável Raio de Curvatura, sendo que esta corresponde ao raio da deformação plástica sofrida pelo pavimento após a solicitação de cargas de trens-tipo. Em outras palavras, o Raio de Curvatura está relacionado com a profundidade da bacia de deflexão provocada pela ação dos veículos. Na figura 3, é possível visualizar a formação de uma bacia de deflexão [6].



Figura 3. Ilustração do efeito da ação de cargas móveis no pavimento.

Na Tabela 2, é apresentado um resumo das diretrizes obtidas a partir da aplicação do método em questão.

Hipótese	Dados deflectométricos obtidos	Qualidade Estrutural	Necessidade de estudos complementares	Critério para cálculo de reforço	Medidas corretivas
I	$d_p \leq d_{adm}$ $R < 100$	Boa	Não	-	Apenas correções de superfície
II	$d_p > d_{adm}$ $R < 100$	Se $d_p \leq 3 d_{adm}$ Regular	Não	Deflectométrico	Reforço
		Se $d_p > 3 d_{adm}$ Má	Sim	Deflectométrico e Resistência	Reforço ou Reconstrução
III	$d_p \leq d_{adm}$ $R \geq 100$	Regular para Má	Sim	Deflectométrico e Resistência	Reforço ou Reconstrução
IV	$d_p > d_{adm}$ $R < 100$	Má	Sim	Resistência	Reforço ou Reconstrução
V	-	Má: O pavimento apresenta deformações permanentes e rupturas plásticas generalizadas (IGG>180)	Sim	Resistência	Reconstrução

Tabela 2. Critérios para avaliação estrutural do procedimento PRO – 11/79.

## DESENVOLVIMENTO DO SOFTWARE

Para obter as equações que geraram os nomogramas contidos nas normas citadas, foram utilizados os recursos de regressão numérica da planilha eletrônica Excel, interpolando funções que se adequaram aos pontos extraídos do gráfico original, o que não garante que as equações obtidas sejam idênticas às originais, figura 4. Por outro lado, as funções obtidas são satisfatórias visto que foram encontrados valores de  $R^2$  maiores que 0,99, onde  $R^2$  é uma variável relacionada ao grau de correlação entre duas ou mais variáveis. Ou seja, para pontos lidos no gráfico original, em mais de 99% das variações dos pontos em torno das duas médias grupais pode-se explicar pelo relacionamento obtido [7].

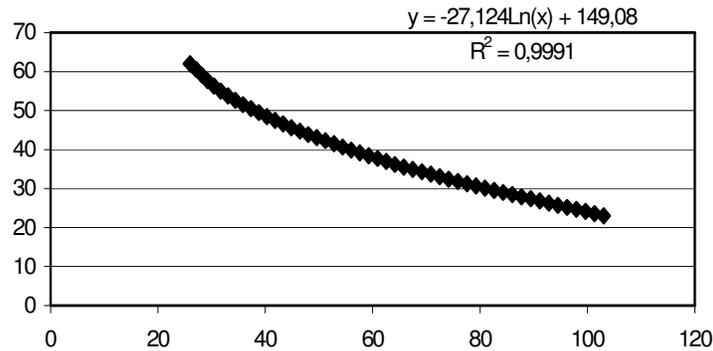


Figura 4. Exemplo de interpolação das funções dos nomogramas.

Para que isso fosse possível, deveria ser efetuada a leitura de uma quantidade razoável de pontos por curva, a qual estipulou-se o valor de vinte pontos. Levando-se em conta o número de curvas existente por nomograma chegando até o número de vinte e uma curvas, em alguns casos, e sendo necessária a análise de sete nomogramas oriundos dos dois procedimentos enfocados por este trabalho, tal tarefa seria de certa forma inviável. Portanto, para se obter a captura desses pontos, utilizou-se uma metodologia automatizada para este processo. Inicialmente, digitalizou-se a figura do nomograma, em seguida, esta figura foi vetorizada e levada para o software AutoCAD 2000, onde, por meio de um aplicativo desenvolvido, em linguagem AutoLisp, capturou-se os pontos intermediários, sendo fornecidas as leituras iniciais e finais. Assim, os pontos lidos nos nomogramas foram dispostos em uma planilha eletrônica, sendo interpolada uma função para cada uma das curvas do nomograma. De posse das equações, foi necessário implementar os processos descritos em normas para se iniciar o processo de construção do software, figura 5 e figura 6.

Figura 5. Interface gráfica do programa desenvolvido com base no procedimento PRO - 10/79

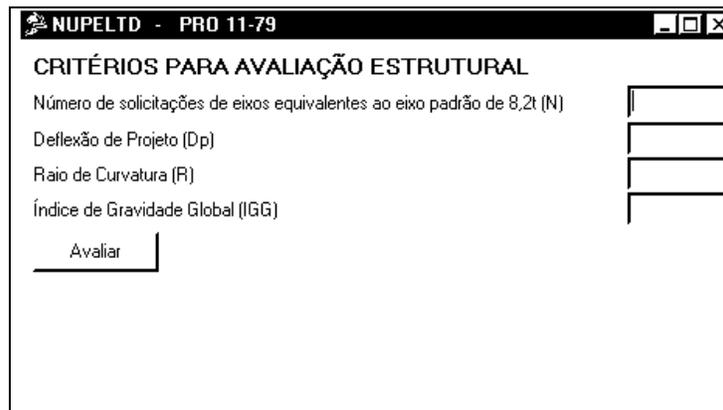


Figura 6. Interface gráfica do programa desenvolvido com base no procedimento PRO - 11/79

Os softwares criados foram desenvolvidos na linguagem orientada a objeto C++, uma das linguagens de maior reconhecimento em meio científico e corporativo. A orientação a objeto cria uma melhor interação com o usuário, facilitando o entendimento e uso do software gerado.

É bastante comum no meio corporativo de engenharia civil, a utilização de programas na forma de console do MS-DOS, geralmente desenvolvidos em linguagem FORTRAN. Aplicativos desta natureza dificultam seu manuseio por parte do usuário, sendo que estes geralmente são utilizados com desenvoltura por usuários já bastante familiarizados com seu formato de entrada e saída de dados.

O programa reportado neste artigo, por ter sido desenvolvido em ambiente visual, facilita a entrada e saída de dados, diminuindo o tempo que o usuário tem que manusear o aplicativo. Recursos gráficos como os *Edits*, elementos em forma de caixa de texto, dificultam entrada incorreta de dados, além de diminuir o tempo de operação do programa. Recursos do tipo *RadioGroup* permitem a escolha das atividades a serem realizadas pelo programa de forma rápida e prática. Elementos como o *ComboBox* permite a escolha rápida de uma variável com valores pré-estabelecidos, além de impedir a entrada de dados incoerente.

As diretrizes para o projeto de reforço, bem como os possíveis dimensionamentos a serem realizados, podem ser salvos em um arquivo de texto, permitindo o compartilhamento destas informações.

## CONCLUSÕES

### Resultados Obtidos

- O programa idealizado neste trabalho apresentou diversos pontos positivos, dentre os quais destacam-se:
- i) Através do *software* em questão foi possível eliminar a necessidade de consulta aos nomogramas nos procedimentos normalizados PRO – 10/79 e PRO – 11/79 do DNER, tornando mais simples a atividade de projeto de reabilitação de pavimentos asfálticos flexíveis;
  - ii) A interface orientada a objetos facilita o manuseio do programa por parte do usuário, possibilitando uma aplicação mais rápida dos procedimentos supracitados, evitando erros de percepção visual por fadiga.

### Limitações do Estudo

- As limitações do modelo estabelecido neste trabalho são:
- i) Devido às imperfeições gráficas dos nomogramas digitalizados e aos processos de interpolação, o processo de obtenção das equações inerentes aos gráficos das normas implicou em pequenos erros, ou seja, trabalho-se com funções matemáticas aproximadas. No entanto, dada à complexidade dos gráficos a serem consultados e ao elevado número de consultas necessário para aplicação das normas no projeto de reabilitação do pavimento de uma rodovia, o erro de acuidade visual de cada indivíduo, ampliado pela fadiga oriunda de diversas consultas, será eliminado.

### Sugestões Para Trabalhos Futuros

Devido às diversas dificuldades encontradas neste processo de pesquisa, algumas diretrizes que foram consideradas importantes para futuros estudos são sugeridas.

- i) O método de obtenção das equações necessita ser aprimorado, tendo sua aplicação simplificada e sua precisão aprimorada;
- ii) Aplicar os conceitos abordados neste trabalho a outros problemas de engenharia rodoviária.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- [1] DNER/ABNT (1998) – *Manual de Reabilitação de Pavimentos Asfálticos*, Rio de Janeiro.
- [2] NATTI, P.L. (2003) *Notas de Aula da Disciplina de Matemática do Curso de Medicina Veterinária*, Londrina.
- [3] DNER (1979) – *Avaliação Estrutural dos Pavimentos Flexíveis Procedimento – A*, DNER – PRO 10/79, Rio de Janeiro.
- [4] DNIT (2003) – *Avaliação Objetiva da Superfície de Pavimentos Flexíveis e Semi-Rígidos - Procedimento*, DNIT 006/2003 – PRO. Rio de Janeiro.
- [5] DNER (1979) – *Avaliação Estrutural dos Pavimentos Flexíveis Procedimento - B*, DNER – PRO 11/79, Rio de Janeiro.
- [6] SOARES, J.B. (2003) *Superestrutura de estradas – Notas de Aula*, Fortaleza.
- [7] STEVENSON, W.J. (1981) *Estatística Aplicada à Administração*, Editora HARBRA, São Paulo.