



COBENGE 2005

XXXIII - Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia

"Promovendo e valorizando a engenharia em um cenário de constantes mudanças"

12 a 15 de setembro - Campina Grande - Pb

Promoção/Organização: ABENGE/UFPE

MONITORAMENTO DE TEMPERATURA EM PAVIMENTOS ASFÁLTICO UM TRABALHO INTERDISCIPLINAR

Maurício de Campos – campos@unijui.tche.br

Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul

Departamento de Tecnologia.

Rua do São Francisco, 501

98700-000 – Ijuí – RS

Julio Cezar Oliveira Bolacell – bolacell@unijui.tche.br

Luciano Pivotto Specht – specht@unijui.tche.br

Fabiano Salvadori – f.salvadori@unijui.tche.br

Ivan Paulo Canal – icanal@gmail.com

Resumo: *A interdisciplinaridade é um desafio posto a todos os docentes em engenharia. As grandes áreas da engenharia podem, promover a interdisciplinaridade contribuindo para solucionar os problemas, que uma das áreas possui, pelo uso de conhecimentos básicos das outras áreas. Ou, ainda, para construir novos conhecimentos baseados na interlocução de cada uma das engenharias. Um problema característico da área da engenharia civil está baseado no fato que no Brasil, a principal via utilizada para a realização do transporte de bens e pessoas é a malha rodoviária. Entretanto o desempenho de um pavimento asfáltico é afetado pela temperatura. Considerando-se o alto custo de construção de uma rodovia, o conhecimento do comportamento térmico de um pavimento pode auxiliar no seu dimensionamento e na caracterização dos materiais a serem utilizados. Assim, o objetivo deste trabalho é relatar o desenvolvimento de um sistema para análise das variações térmicas de um pavimento. Este sistema permite o monitoramento e a posterior análise do comportamento térmico de um determinado pavimento. Com isso, além da interdisciplinaridade tão presente em todas as diretrizes curriculares, é possível demonstrar aos acadêmicos que na engenharia o trabalho em grupo é fundamental e que as áreas são sempre complementares entre si.*

Palavras-chaves: Interdisciplinaridade, Temperatura, Asfalto, Sistemas de aquisição de dados.

1. INTRODUÇÃO

1.1 Considerações iniciais

Conforme já foi tratado em Campos *et all* (2004), os conceitos de interdisciplinaridade e de transdisciplinaridade são comuns nos discursos pedagógicos, e estão presentes na maioria dos projetos político-pedagógicos e diretrizes curriculares. Entretanto, estas “ações” não são, de simples implementação e para que possam acontecer são necessárias mudanças, tanto nos

conteúdos acadêmicos quanto nos conceitos, entendidos pela maioria dos docentes de engenharia. Neste cenário, a pesquisa pode ser a chave para a consolidação dessas ações.

As grandes áreas da engenharia podem promover a interdisciplinariedade e também, além de outros benefícios, contribuir para solucionar os problemas que uma das áreas possui pelo uso de conhecimentos básicos das outras engenharias. Ou, ainda, para construir novos conhecimentos baseados na interlocução de cada uma das engenharias.

Neste novo desafio, a área de engenharia civil, tem contribuído com “situações” ou “problemas” que necessitam de solução de engenharia mais especificamente da engenharia elétrica. Desta forma, acadêmicos de graduação da engenharia elétrica estão, cada vez mais, sendo provocados a buscar soluções para estes determinados problemas. Este artigo trata de um destes desafios que acabou se tornando um projeto de pesquisa e posteriormente um trabalho de conclusão de curso.

1.2 Contextualização do problema

Um dos mais importantes fatores que afetam o projeto e o desempenho de um pavimento é a temperatura (KILPP 2004). Os pavimentos asfálticos variam suas características com as variações de temperatura do ambiente onde estão inseridos. No Brasil, a principal via utilizada para a realização do transporte de bens e pessoas é a malha rodoviária. Informação esta, que indica a representativa importância da conservação desse patrimônio.

Pode-se afirmar que, se for possível, monitorar a temperatura em um determinado pavimento asfáltico, pode-se proceder análises térmicas e também o desenvolvimento de um modelo matemático que represente o comportamento do mesmo. Assim, conhecendo-se as características térmicas dos pavimentos é possível realizar um melhor dimensionamento dos materiais utilizados na sua construção, com conseqüente aumento da vida útil da pavimentação. Buscando obter um dimensionamento mais adequado das pavimentações asfálticas para cada região, possibilitando a obtenção de produtos de mais alta qualidade com melhoria no rendimento e no fator construtivo econômico.

Considerando uma área de grandes possibilidades de desenvolvimento, a pavimentação asfáltica é um dos segmentos de pesquisa da engenharia civil que vêm produzindo muitas inovações.

1.3 Objetivos

Baseado nestas afirmações iniciou-se a pesquisa para o desenvolvimento de um sistema para monitoramento da temperatura de pavimentos asfálticos. Este projeto consiste na criação de um sistema capaz de realizar aferições de temperatura de forma automática, em determinados intervalos de tempo dispensando assim, a necessidade de intervenções humanas. Este sistema possibilita realizar um preciso monitoramento das variações de temperatura do pavimento, aliando confiabilidade, conforto, funcionalidade e tecnologia na criação de novas soluções.

O sistema é composto por um microcontrolador, que além de gerenciar as operações realiza o armazenamento das aferições de temperatura; sua composição também engloba oito sensores de temperatura, que ficarão junto ao pavimento para realizar as medições; além dos circuitos do microcontrolador foram desenvolvidos circuitos condicionadores dos sinais provenientes dos sensores, que permitem a manipulação destes para posterior aquisição e armazenamento. Por fim, os dados coletados, armazenados no microcontrolador, podem ser transmitidos a um computador através de comunicação serial.

2. CARACTERÍSTICAS DAS PAVIMENTAÇÕES ASFÁLTICAS

As pavimentações são estruturas constituídas por múltiplas camadas capazes de suportar a ação lesiva do tráfego e do meio ambiente (SPECHT, 2004). A sua construção é embasada no seu dimensionamento, que tem como objetivo calcular e verificar espessuras, compatibilizando os materiais de forma que a vida útil da mesma corresponda a um certo número projetado de solicitações de carga (BEZERRA, 2004).

O desempenho de um pavimento esta relacionado com um conjunto de fatores, dentre eles as cargas de tráfego, as características próprias das camadas dos pavimentos, os processos de manutenção utilizados, o tempo de utilização e o ambiente em que está inserido, conforme KILPP (2004). No Brasil as pavimentações asfálticas são dimensionadas, quase que exclusivamente, segundo um método específico elaborado pelo Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER), obedecendo a critérios pré-estabelecidos por este departamento. O método do DNER baseia-se fundamentalmente nas características de suporte do solo de fundação e dos materiais que constituem a estrutura do pavimento, bem como nos parâmetros de tráfego, de acordo com PINTO (1991). Evidencia-se que neste método de dimensionamento não são considerados fatores ambientais, os quais tem grande influência na degradação dos pavimentos.

3. MONITORAMENTO DE TEMPERATURA

O monitoramento das temperaturas das diversas camadas de uma pavimentação permite a realização da análise térmica da mesma. Com isso, é possível se determinar um melhor dimensionamento das pavimentações, caracterizando os materiais nas temperaturas adequadas, resultando em pavimentos adaptados para cada região específica, com maior vida útil e qualidade superior.

A realização de um monitoramento de temperatura de maneira manual se for realizada durante alguns dias, pode ser considerada bastante desgastante e trabalhosa, podendo até mesmo ser inviável. Com o objetivo de obter melhorias no processo de monitoramento térmico, foi concebido um sistema, o qual é capaz de realizar um monitoramento térmico das pavimentações de forma autônoma.

3.1. Sistema de monitoramento de temperatura

O sistema de monitoramento de temperatura desenvolvido é composto por oito sensores de temperatura, um processo de condicionamento de sinal e um microcontrolador. Este sistema possibilita realizar aferições de temperatura em tempo real ou realizar um armazenamento dos dados do monitoramento térmico na memória do próprio microcontrolador. Um diagrama de blocos da arquitetura do sistema pode ser visualizada na figura 3.1.

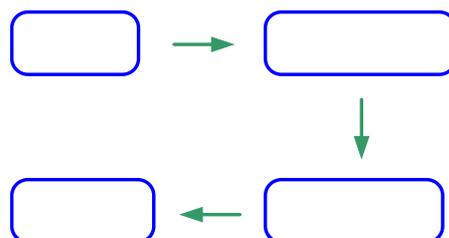


Figura 3.1 – Diagrama de blocos da arquitetura do sistema

3.2 Sensores

Os sensores de temperatura são dispositivos que alteram as suas propriedades físico-químicas em função das variações de temperatura. Existem no mercado diversos tipos de sensores de temperatura (NTC, PTC, PT100, entre outros), no entanto como condição de projeto era necessário que este fosse de baixo custo. Isto por duas razões, em primeiro lugar ele pode ser facilmente danificado quando for inserido junto à pavimentação e também após ser posicionado e utilizado ele será descartado.

Uma alternativa encontrada foi a utilização de dispositivos semicondutores, mais especificamente diodos. Os diodos possuem características térmicas muito parecidas com as dos sensores de temperatura comerciais. Ou seja, ele varia suas características resistivas em função das variações de temperatura (para faixas de operação entre 0°C e 90°C) e relativo baixo custo. O diodo de silício (1N4148) utilizado pode ser visualizado na figura 3.2.

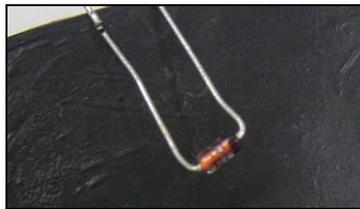


Figura 3.2 – Diodo de silício

3.3 Condicionamento de sinal

Em uma escala de temperatura de 0°C à 90°C, o sinal de tensão oriundo do sensor de temperatura, no caso o diodo, possui uma pequena faixa de variação, se comparada à faixa de tensão que o conversor analógico digital do microcontrolador opera. Assim, se o sinal do diodo fosse diretamente ligado à entrada do conversor analógico digital, poderíamos ter problemas como baixa precisão nas leituras do sensor.

Com a finalidade de adequar os sinais dos sensores de temperatura à faixa de operação do conversor analógico digital, foram projetados e construídos circuitos condicionadores de sinal, utilizando-se amplificadores operacionais, os quais amplificam e comparam tensões, adequando-as aos níveis desejados.

3.4 Microcontrolador

Para tornar o sistema para análise da temperatura asfáltica autônomo optou-se por utilizar um microcontrolador. O programa especialmente desenvolvido para este microcontrolador é executado de forma a coordenar e garantir o funcionamento do sistema. Todos os passos a serem efetuados como recebimento ou envio de informações, processamento, tomada de decisões, entre outros, estão descritos neste programa que é executado sequencialmente permitindo o funcionamento e o sincronismo de todo o sistema.

Tendo como base as características do projeto escolheu-se o microcontrolador PIC16F877A, que pode ser visualizado na figura 3.3.



Figura 3.3 – Microcontrolador PIC16F877A

Este microcontrolador possui uma variedade de funções, cabendo ao projetista adequá-lo ao sistema em desenvolvimento. Entre as suas principais funções estão o conversor analógico/digital com oito canais de entrada (possibilitando a utilização de oito sensores de temperatura diferentes); memória flash de programa de 8K x 14 palavras e comunicação serial com dispositivos externos (SPI ou I2C).

4. IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA

O sistema foi desenvolvido e testado em laboratório, utilizando-se matrizes de contato (protoboard). Após as alterações necessárias o mesmo foi implementado em placa de circuito impresso de dupla face que pode ser visualizada na figura 4.1.

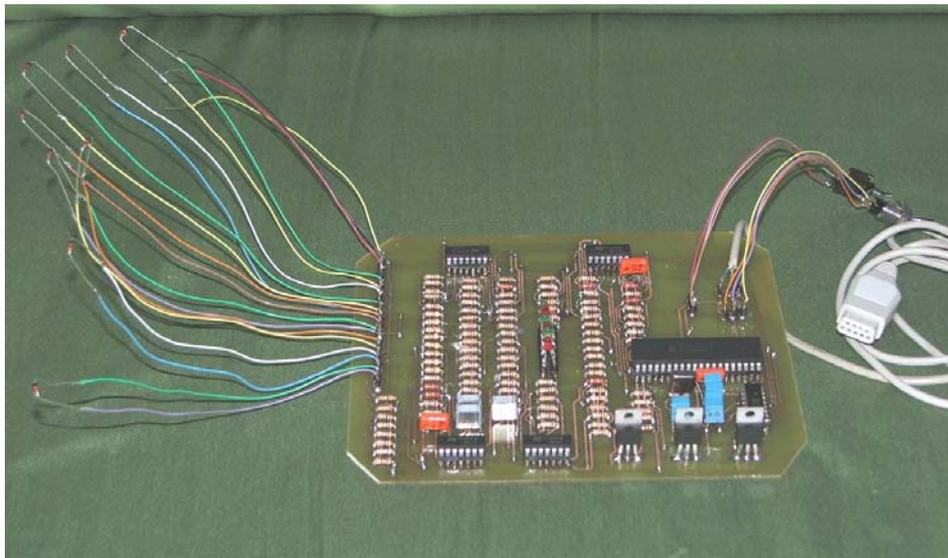


Figura 4.1 – Sistema implementado em placa de circuito impresso

A implementação final do sistema como um protótipo é mostrada na figura 4.2, onde podem ser visualizados todos os componentes do sistema. Destaca-se na parte esquerda da foto alguns fios coloridos, os quais possuem em suas extremidades os sensores de temperatura. Ainda na figura 4.2, em sua parte direita podem ser visualizadas três chaves seletoras, das quais uma é utilizada para acionar o funcionamento do sistema e, as outras duas para selecionar as funções que serão executadas pelo sistema. As funções possíveis são monitoramento de temperatura em tempo real, monitoramento de temperatura com armazenamento de dados ou transmissão dos dados armazenados na memória do microcontrolador para o computador através de comunicação serial.

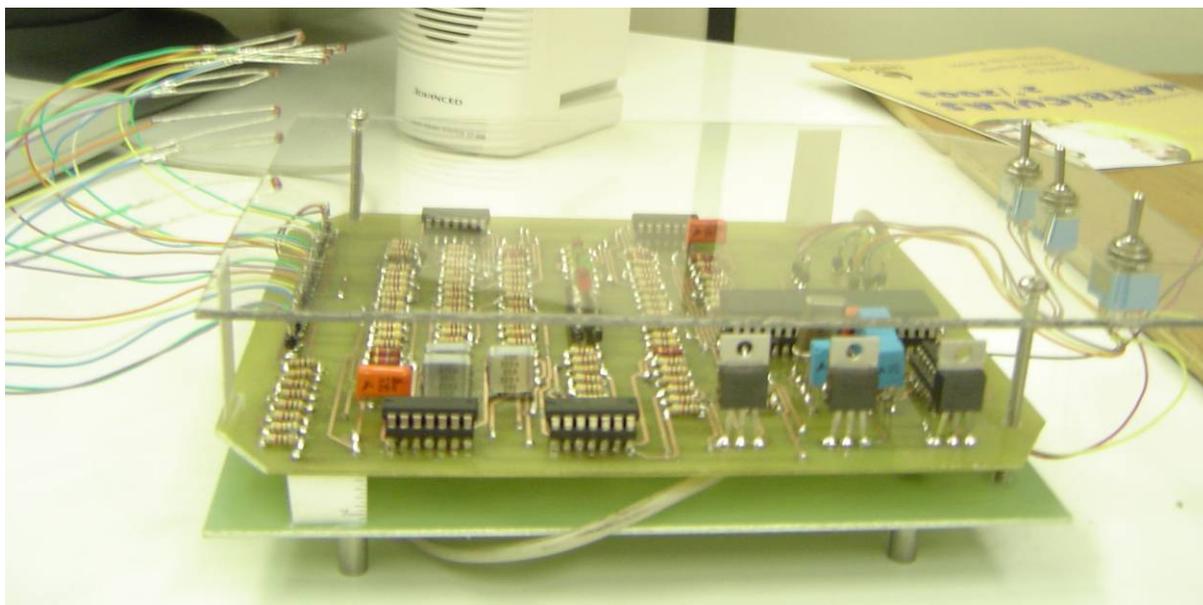


Figura 4.2 – Protótipo do sistema de monitoramento de temperatura

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Do ponto de vista técnico pode-se afirmar que, um monitoramento de temperatura realizado manualmente, pode se tornar cansativo e oneroso, pois seria necessário disponibilizar um operador para manipular os instrumentos de medição e realizar as devidas anotações. Utilizando o sistema autônomo de monitoramento de temperatura, que foi apresentado neste trabalho, a coleta do monitoramento térmico de uma pavimentação se torna simples e acessível. O sistema permite duas formas de monitoramento, a primeira totalmente autônoma permite que seja realizado o monitoramento e, somente, depois de concluído o tempo pré-estabelecido (máximo 3 dias com intervalos de monitoramento de 15 minutos) um operador munido de um microcomputador pode dirigir-se ao sistema e ter acesso aos dados coletados. No segundo caso, o sistema também permite o seu funcionamento diretamente conectado a um microcomputador permitindo a aquisição em tempo real, permitindo alguns ensaios em laboratório.

Por fim, vale salientar que apesar de ser um sistema desenvolvido inicialmente para monitorar temperaturas o mesmo pode ser utilizado para aquisição de diversas grandezas, dentre elas umidade, corrente, tensão, etc. Para que isto seja possível basta que sejam ajustados os circuitos condicionadores de sinais e utilizar sensores adequados com as grandezas desejadas.

Do ponto de vista pedagógico, podemos concluir que iniciativas como esta, permitem que o acadêmico e os demais alunos da instituição percebam a dimensão da palavra engenharia. E mais, permite também que a interdisciplinaridade seja parte presente na formação destes acadêmicos. O trabalho exposto além das aplicações citadas permite variações que possibilitariam a sua utilização em diversas áreas do conhecimento inclusive na concepção de um laboratório de automação e controle visto que o dispositivo microcontrolador poderia além de monitorar, atuar em um sistema.

O grande desafio agora é baseado nos dados coletados por este sistema, modelar o comportamento térmico de um pavimento asfáltico, através do programa de pós-graduação em modelagem matemática da UNIJUÍ. Com isso poderia-se atuar nas três áreas: matemática, engenharia civil e engenharia elétrica.

Agradecimentos

Ao programa de bolsas de iniciação científica da UNIJUÍ (PIBIC-UNIJUÍ)

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

BEZERRA NETO, R. S. **Análise comparativa de pavimentos dimensionados através dos métodos empírico do DNER e mecanístico e proposta de um catálogo simplificado de pavimentos para a região de Campo Grande (MS)**. São Carlos – SP. 169p. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo. 2004.

CAMPOS, Maurício de, POZZOBON, Cristina E., REIMBOLD, Manuel M. P., SPECHT, Luciano P. CANAL, Ivan Paulo. **Resultados da experiência conjunta para qualificação de laboratório na Engenharia Civil**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 2004, Brasília. **Anais**. Brasília: UNB, 2004.

KILPP, Raquel. **Desenvolvimento de modelos para previsão de temperatura em pavimentos flexíveis**. Ijuí. Monografia do Trabalho de Conclusão de Curso - UNIJUI. 2004.

MARQUES, M. O. **Escrever é preciso - O princípio da pesquisa**. Ijuí: Ed. Unijuí, 4. Ed., 2001, 168p.

PINTO, S. **Estudo do comportamento à fadiga de misturas betuminosas e aplicação na avaliação estrutural de pavimentos**. Rio de Janeiro. Tese de Doutorado. COPPE/UFRJ. 1991

SPECHT, Luciano Pivoto. **Avaliação de misturas asfálticas com incorporação de borracha reciclada de pneus**. Porto Alegre. Tese de Doutorado. PPGE/UFRGS. 2004.

TEMPERATURE MONITOR IN ASPHALT PAVEMENT AN INTERDISCIPLINARY WORK

Abstract: *The interdisciplinarity is a challenge for all the teachers in engineering. The great areas of the engineering can promote the interdisciplinarity contributing to solve the problems that one of the areas possesses for the use of basic knowledge of the other areas. On the other hand, still, to build new knowledge based on the dialogue of each one of the engineering's. A characteristic problem of the civil engineering is because in Brazil, the main way used for the accomplishment of the transport of property and peoples is the road mesh. However, the acting of an asphalt pavement is affected by the temperature. Being considered the high cost of construction of a highway, the knowledge of the thermal behavior of a pavement can auxiliary in his dimensioning and in the characterization of the materials the they be used. Like this, the objective of this work is to tell the development of a system for analysis of the thermal variations of a pavement. This system allows monitor and the subsequent analysis of the thermal behavior of a certain pavement. With that, besides the*

interdisciplinarity so present in all of the curricular instructions, is possible to demonstrate the academics that in the engineering the work in group is fundamental and that the areas are always complementally amongst themselves.

Key-words: Interdisciplinarity, Temperature, Asphalt, Data-acquisition.