

APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS E A DETECÇÃO DE DESCARGAS ATMOSFÉRICAS: UM ESTUDO DE CASO NO CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA DO INSTITUTO SUPERIOR TUPY

Carlos Roberto da Silva Filho – carlos.silva@sociesc.org.br

Jucimar A. Cabral – jucimar_cabral@hotmail.com

Instituto Superior Tupy – SOCIESC – Departamento de Engenharia Elétrica

Rua Albano Schmidt, 3333

89206-001 – Joinville - SC

***Resumo:** Este trabalho apresenta a relação entre a iniciação científica e a aprendizagem baseada em problemas. A iniciação científica realizada neste trabalho consiste na detecção de descargas atmosféricas. O trabalho mostra as áreas que um aluno de graduação de engenharia elétrica precisa conhecer para poder solucionar o problema de detectar a descarga atmosférica, uma vez que as áreas envolvidas apresentam conhecimentos distintos. O sistema proposto de detecção de descargas atmosféricas é um primeiro protótipo, sendo necessário vários ajustes. Entretanto, apresenta a importância da síntese, organização e aplicação do conhecimento obtido no curso de graduação. Mostra também que para solucionar um problema, o aluno precisa além de pesquisar sobre um dado assunto, ele precisa interagir com professores, fornecedores de materiais, desenvolvendo diversas habilidades. As habilidades práticas desenvolvidas vão desde a montagem do protótipo até a interação do aluno com fornecedores de componentes eletrônicos, passando por inúmeras etapas da solução de um problema.*

***Palavras-chave:** Problematização, Descargas Atmosféricas, Iniciação Científica*

1 INTRODUÇÃO

O ensino de engenharia está intimamente associado ao desenvolvimento e aplicação de tecnologias (PAIXÃO *et al.*, 2006). Inclusive a engenharia molda a partir do desenvolvimento tecnológico parte dos costumes que a sociedade adquire ao logo dos tempos. Um exemplo desta ligação está no fato de que telefones computadores, internet, celulares e outros aparatos eletrônicos tornaram-se parte da vida das pessoas.

O desenvolvimento tecnológico de certa forma começa quando o estudante de engenharia inicia o seu primeiro projeto de iniciação científica e identifica-se com tal atividade. Portanto no processo de ensino e aprendizagem, uma das formas do acadêmico desenvolver suas competências e habilidades é através da pesquisa associada ao ensino. Neste caso pode-se mencionar a resolução 11/2002 que discute as questões relacionadas às atividades complementares, projetos multidisciplinares, iniciação científica entre outros (BRASIL, 2002).

A pesquisa de uma tecnologia no âmbito da iniciação científica por um aluno de graduação de engenharia passa pela aplicação de conhecimentos básicos adquiridos em sala de aula. À medida que o conhecimento do acadêmico se consolida o mesmo desperta o interesse de sua aplicação no que tange suas mais íntimas curiosidades. Um fenômeno que

desperta a curiosidade em alunos de engenharia elétrica é a descarga atmosférica. Este fenômeno natural é inicialmente desconhecido para eles e é relatado com o seguinte questionamento: “o que é o raio”?

2 O DOCENTE E O DISCENTE UNIVERSITÁRIO E A PESQUISA

O docente universitário na sua jornada de trabalho muitas vezes encontra-se no papel de ora professor ora pesquisador. Existem muitos trabalhos que investigam a relação entre ensino e pesquisa com conclusões conflitantes. Alguns classificam a pesquisa e o ensino como atividades distintas (MARSH & HATTIE, 2002) e outros como processos indissociáveis (PEREIRA, 2007). A questão do ensino e a pesquisa, entretanto no caso de interesse do aluno pela pesquisa, praticamente faz com que o docente participe de forma mais ou menos ativa na iniciação científica. Isto significa que quando há uma dúvida quanto ao assunto de interesse, impreterivelmente o professor acaba sendo consultado mais cedo ou mais tarde.

Neste contexto uma questão vem à tona: quanto iniciação científica contribui para a formação de um acadêmico de engenharia? A pesquisa pode ser considerada uma metodologia de aprendizagem baseada em problemas? Certamente, pode-se dizer que a iniciação científica e a metodologia de aprendizagem baseada em problemas contribuem, com suas devidas especificidades, para o desenvolvimento do aluno. Mas como ocorre esta relação de ensino e pesquisa nos cursos de engenharia e como os professores influenciam este processo é uma questão que define o grau de sucesso desta relação na formação do futuro profissional. Quando o professor ministra uma aula ele compartilha seus conhecimentos com o aluno. Quando o professor pesquisa em conjunto com o aluno ele amplia o seu próprio conhecimento assim como o do aluno (PEREIRA, 2007).

A interação entre o aluno e o professor na pesquisa permite um crescimento no grau discernimento sobre um dado assunto para ambos e também para a comunidade acadêmica, especialmente para o curso ao qual fazem parte. No caso, a interação dos alunos com os colegas de classe, do aluno com outros professores e do próprio professor pesquisador com seus pares, faz com que todos acabem crescendo profissionalmente.

Nos cursos de engenharia o professor é a figura central na arte do ensino e pesquisa, especialmente na graduação. Quanto à formação profissional do acadêmico, pode-se dizer que a observação e participação conjunta na pesquisa ou na solução de um problema, permite ao futuro profissional desenvolver habilidades distintas das quais o mesmo obteria em uma aula convencional. Isto significa que na metodologia da aprendizagem baseada em problemas ou na iniciação científica, o acadêmico aprende também através da observação de como o professor soluciona o problema, bem como seu modo de tratar um problema de engenharia, suas considerações e seus questionamentos.

3 O TEMA DA PESQUISA

O tema da pesquisa de iniciação científica pode ser proposto pelo aluno ou pelo professor. Entretanto, quando o aluno busca um assunto de interesse pessoal, observa-se em geral um maior empenho de sua parte para conclusão do trabalho. Isto ocorre devido ao fato de que a motivação ser a sua própria curiosidade.

De certo modo, o desenvolvimento de uma pesquisa de iniciação científica por um acadêmico, pode ser comparada à metodologia de aprendizagem baseada em problemas. A aprendizagem baseada em problemas foi introduzida inicialmente como um método de estudo de casos nos cursos de direito da universidade de Harvard, nos Estados Unidos (KALATIZIS, 2008). A aprendizagem baseada em problemas pode ser descrita como citada em BOULD & FELETTI (1991) “um método que promove o desenvolvimento de habilidades”. Conforme os

autores, a aprendizagem tem início por um problema, uma questão onde os acadêmicos buscam a solução de modo a satisfazer a sua busca pelo conhecimento.

Muitas vezes a iniciação científica não está associada a uma investigação desconhecida, onde o resultado é de relevância total para a sociedade, proporcionando uma descoberta. Geralmente o tema da iniciação científica tem seu resultado final conhecido por parte do professor, mas quase que inteiramente desconhecido pelo aluno. Neste caso o tema passa a ser um problema a ser resolvido e a interação pode ser relacionada a uma metodologia de aprendizado baseada em problema.

Neste íterim, o problema a ser solucionado pelo aluno abrange várias áreas do saber e que devem ser organizadas de modo a proporcionar a solução do mistério. Deste modo o aluno desenvolve a habilidade de identificação de informações necessárias para a solução do problema. Ainda pode ser relacionadas às habilidades de onde e como obter informações, organização estruturada do saber, entre outras.

Por fim, pode-se dizer que o tema da pesquisa de iniciação científica caracteriza-se de certo modo como o foco da aprendizagem baseada em problema, onde o acadêmico busca relacionar e organizar o seu conhecimento de modo a solucionar o problema. A decisão tema de iniciação científica passa por uma discussão entre o aluno e o professor a cerca dos recursos necessários, dos conhecimentos desejados e do resultado esperado a cerca do problema. Por fim o tema é definido com base no interesse de ambas as partes, considerando a área de atuação dos profissionais.

O tema de descargas atmosféricas é recorrente no curso de engenharia elétrica, seja no momento de disciplinas relacionadas, como a de projetos e instalações elétricas, seja pelo questionamento específico dos acadêmicos. O interesse deste tema está na possibilidade de desenvolver o interesse dos acadêmicos em disciplinas como: circuitos elétricos, eletrônica, eletromagnetismo e propagação de ondas. Em um curso de engenharia elétrica, isto significa que o acadêmico vai consultar muitas vezes professores distintos, com formas de explicação dos fenômenos de modos diferentes. Em termos da problematização do ponto de vista do aluno, observa-se que ele manifesta a necessidade de conhecer estes assuntos de modo a solucionar o problema da detecção.

4 DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

As descargas atmosféricas podem ser consideradas descargas elétricas de ampla extensão e ampla intensidade. A descarga atmosférica ocorre em função do acúmulo de cargas elétricas na atmosfera, em geral em nuvens de tempestades. A descarga ocorre quando a rigidez dielétrica do ar é rompida que é de aproximadamente 3 MV/m (ROMERO, 2007). Ainda, de acordo com (ROMERO, 2007), existem diversos tipos de descargas atmosféricas, podendo ser classificadas como:

- Descargas nuvem-solo negativas;
- Descargas nuvem-solo positivas;
- Descargas solo-nuvem negativas;
- Descargas solo-nuvem positivas;
- Descargas intra-nuvem;
- Descargas no ar;
- Descargas entre nuvens.

A figura 1 demonstra os diferentes tipos de descargas atmosféricas. As descargas intra-nuvens são as mais frequentes, mas não são tão prejudiciais, em geral, quanto às descargas que envolvem solo e nuvem.

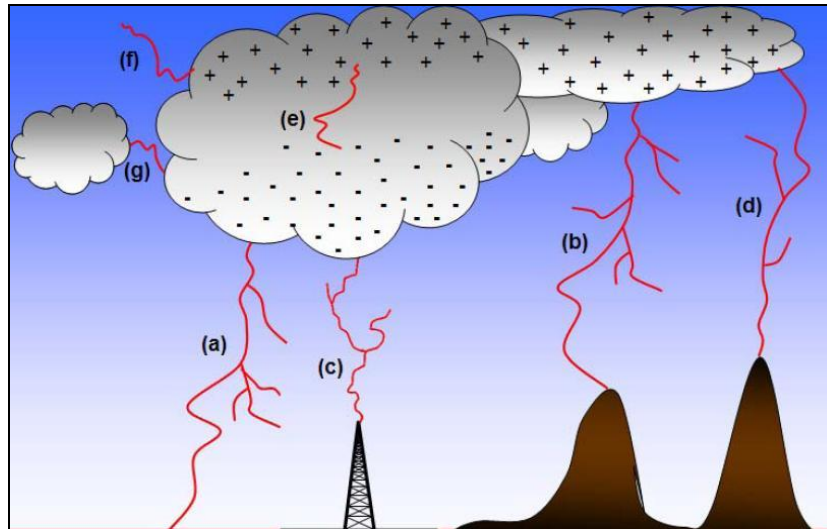


Figura 1 – Classificação dos tipos de Descargas Atmosféricas
(fonte: ROMERO, 2007)

No processo de formação da nuvem, o qual as partículas diminutas de água sobem através do arrefecimento do ar úmido onde as partículas sobem, ocorrem colisões destas com outras partículas descendo pelo processo de convecção. Tanto as partículas de água quanto partículas de gelo são polarizadas pelo campo elétrico terrestre. No momento da colisão das partículas há a separação das cargas elétricas. Como o campo elétrico é orientado para baixo, as partículas transferirão cargas positivas para as outras ficando assim negativa.

O Pelo efeito de separação de cargas a nuvem se torna um dipolo elétrico como pode ser visto na figura 2. O campo elétrico gerado por estas pode ser intenso suficiente para romper a rigidez dielétrica do ar. A descarga atmosférica de retorno, conhecida como raio, possui um canal de aproximadamente 5 cm e da ordem de 30 kA.

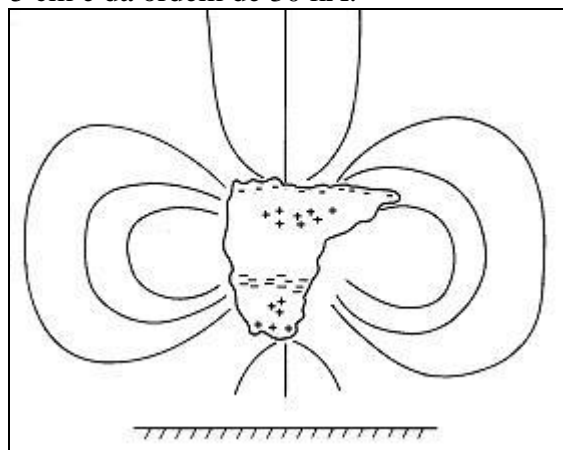


Figura 2 – Campo elétrico gerado pelas Cargas
(fonte: adaptada de PINTO *et al.*, 1999)

Existem vários tipos de sensores, cada um com seu método de detecção da descarga elétrica. Alguns com maior ou menor precisão, que englobam várias tecnologias. No Brasil, utilizam-se dois sistemas de detecção o Sistema de Localização e Rastreamento de Raios (“Lightning Positioning and Tracking System” – LPATS) e o “Localização da Direção Magnética” (“Magnetic Direction Finder” – MDF), compondo assim a RINDAT (Rede Integrada Nacional de Detecção de Descargas Atmosféricas).

O RINDAT foi criado a partir de um convênio de cooperação técnico-científico entre quatro instituições: a CEMIG (Companhia Energética de Minas Gerais), FURNAS (Furnas

Centrais Elétricas), o INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) e o SIMEPAR (Sistema Meteorológico do Paraná), sua abrangência pode ser vista no mapa figura 3, ela ainda é pequena cobrindo em sua maior parte o sudeste do Brasil.

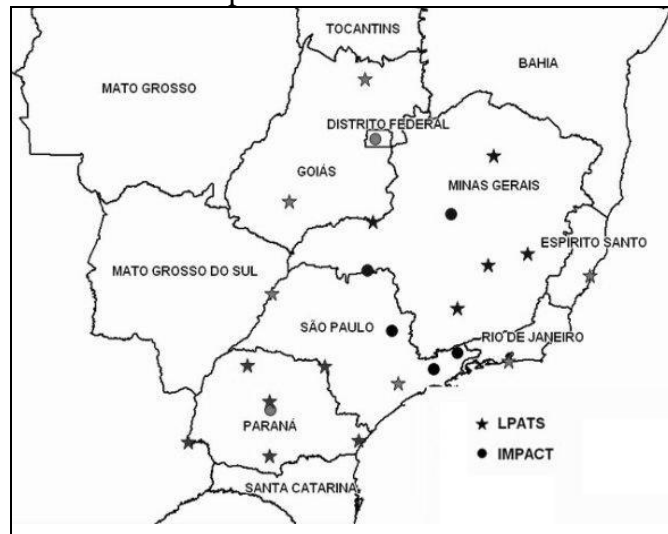


Figura 3 – Abrangência do RINDAT
(fonte: www.rindat.com.br)

Atualmente existem vários métodos de localização e detecção de ocorrência dos raios. Alguns destes sistemas permitem não apenas detectar, mais também determinar suas grandezas tais como sua corrente e polaridade. O sistema desenvolvido pela Lightning Position and Tracking (LLP) se baseia na medição dos campos eletromagnéticos gerados pelos raios por antenas distantes cerca de 100 a 200 km. Essas antenas permitem detectar por tempo de chegada do sinal TOA (time of arrival), com o objetivo de determinar o ponto de impacto como mostra a figura 4.

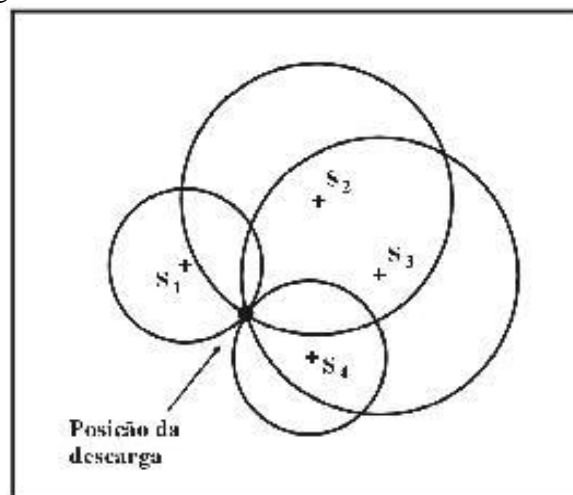


Figura 4 – Campo elétrico gerado pelas Cargas
(fonte: adaptada de PINTO *et al.*, 1999)

Na ocorrência de uma descarga elétrica acontece a emissão de grande espectro de frequências. Com três ou mais antenas é possível medir a diferença da chegada do respectivo pulso em cada uma das antenas, gerando assim uma curva hiperbólica. Para cada par de sensores, a intersecção entre as curvas indica sua possível posição de queda.

A partir de dados sobre a região de Joinville no Brasil, que demonstra que ela é a cidade de número 89 no ranking do INPE/ELAT. A queda de raios no Brasil tem uma densidade

(raios/Km² ano) de 10,82 raios. Joinville, com uma área de aproximadamente 1.149 Km² detecta-se 6.547 raios por ano, somente do tipo nuvem solo segundo dados do INPE/ELAT – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, grupo de Eletricidade Atmosférica.

5 CIRCUITO DE DETECÇÃO

É necessário conhecer o campo elétrico gerado pelos raios, pois através dele podem-se obter inúmeras informações tais como: corrente de pico e polaridade. O sistema aqui proposto consiste em fazer a obtenção das formas de ondas do campo elétrico de relâmpagos. O dispositivo proposto consiste em uma antena e um sistema eletrônico para a aquisição dos dados que são enviados ao computador.

O relâmpago gera uma ampla gama de radiofrequências. Desde as mais baixas energias como as ondas LF (low frequency) até as altas VHF (very high frequency). A frequência selecionada para detectar é a de 10 kHz, pois por estar na faixa de VLF (Very low frequency) permite detectar eventos eletromagnéticos a uma distância na faixa de até 150 km através da reflexão na ionosfera. Ela se comporta bem na topografia da região e já é utilizada em pesquisas nas camadas ionosféricas. Por se tratar de uma frequência que não há sistemas irradiantes de alta potências nesta região do país, diminui a possibilidade de interferências.

O sistema eletrônico consiste em um detector de campo eletromagnético, onde é analisado somente a componente do campo elétrico em VLF (Very low frequency). O pré-amplificador usa um filtro passa-baixas ativo de primeira ordem. Sua frequência de corte fica entre 15 kHz e 70 kHz. Esta frequência pode ser determinada pela seguinte equação:

$$f = \frac{1}{2\pi RC} \quad (1)$$

Sendo f a frequência de oscilação, R a resistência em Ohms e C a capacitância em Farads. Os componentes do circuito de detecção pode visto na figura 5.

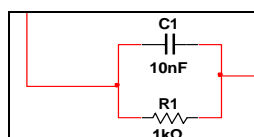


Figura 5 – Circuito RC

Após ser selecionada a frequência para a detecção é feita uma pré-amplificação do sinal pelo amplificador operacional TL062. O amplificador tem uma boa resposta para médias e baixas frequências. Ele é utilizado como elemento detector, pois sua impedância de entrada é alta para a baixa intensidade do sinal proveniente da antena, conforme o circuito da figura 6.

No segundo bloco tem-se um filtro passa banda. O objetivo é eliminar frequências provenientes de outras fontes de emissão e frequências que não são interesse detectar. Como exemplo, pode-se citar as frequências de 10MHz provenientes de descargas entre nuvens. O sistema passa banda permite passar somente 10KHz, sendo esta a frequência de interesse. O filtro utiliza um elemento ativo sendo ele um amplificador operacional. A função de resposta do filtro que foi escolhido é o Butterworth.

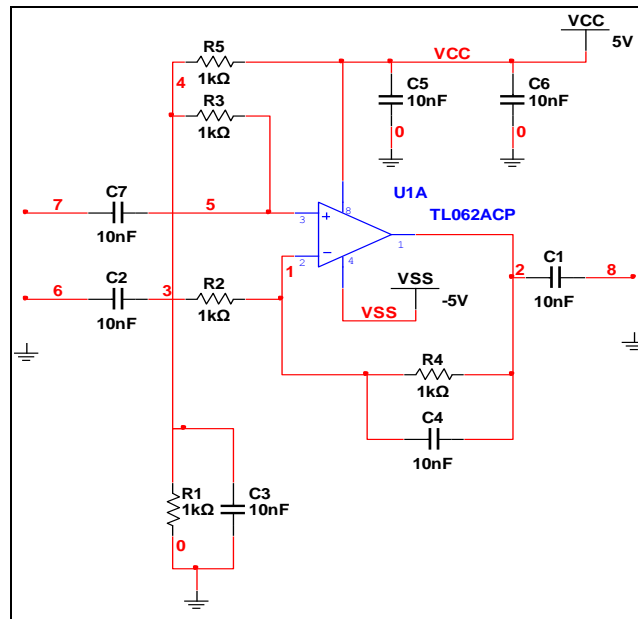


Figura 6 – Circuito de Detecção com TL062

Após passar pelo filtro passa banda o sinal entrara em um amplificador para tratar o sinal em níveis de medição e, obter um offset na saída após invertê-lo. O sinal na saída do filtro deve ser invertido em fase para garantir que a mesma fase na entrada saia para a análise. O seu ganho pode ser ajustado, pois assim pode-se detectar altas distâncias de tempestade ou atenuar tempestades muito próximas.

Com o sinal tratado para níveis adequados de leitura, 5V pela placa de aquisição, o mesmo poderá ser visualizado e estudado. Em testes preliminares para verificar o funcionamento do aparato utilizou-se um módulo de acoplamento de sinais para a utilização da placa de som do computador e a utilização do software SPECTRAVUE para a visualização das formas de ondas e plotagem do campo elétrico detectado. Como pode ser visto figura 7, uma aquisição realizada no dia 23 de dezembro de 2008 às 19 horas e 40 minutos em Joinville, coordenadas: 26° 18' 14" S, 48° 50' 45" W com altitude 4 metros.

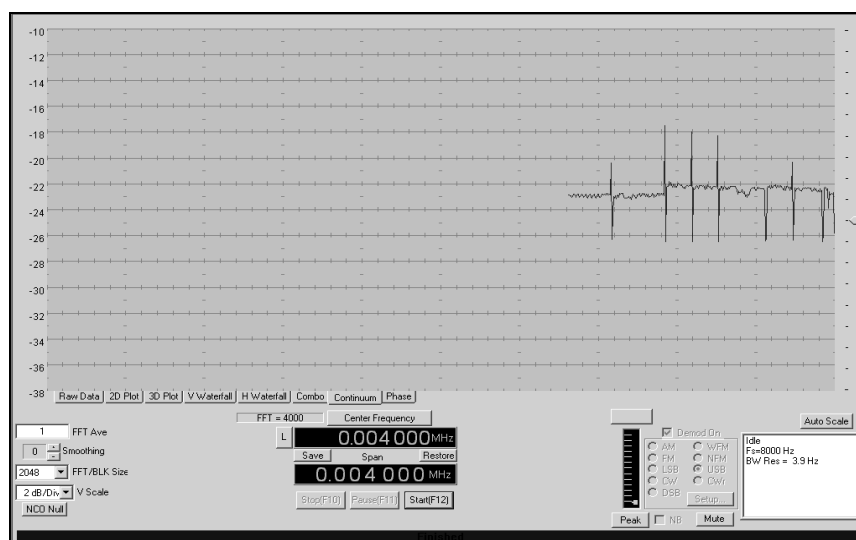


Figura 7 – Gráfico da aquisição realizada

6 DISPOSITIVO DE DETECÇÃO

O dispositivo piloto foi construído a partir de componentes encontrados em outros equipamentos, como no caso uma antena existente e um transformador, em outros componentes eletro-eletrônicos. A antena foi interligada ao circuito eletrônico de aquisição, detecção e filtragem. Testes de laboratório constataram a medição com o auxílio do osciloscópio conforme mostra a figura 8.

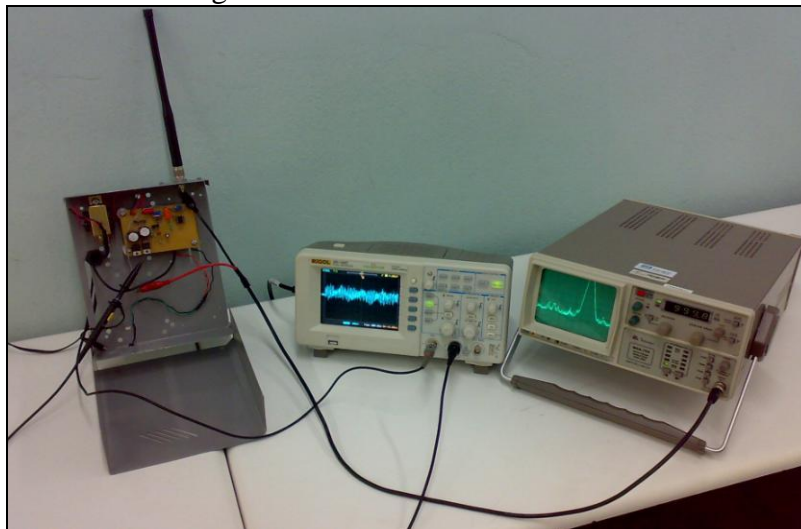


Figura 8 – Sistema de Detecção

7 APLICAÇÃO DOS DADOS

Diversos modelos têm sido desenvolvidos ao longo dos anos para representar os vários aspectos físicos e aplicações em engenharia relacionadas aos relâmpagos. A maioria desses modelos procura descreverem as formas de onda gerais dos campos eletromagnético produzido por descargas estas descargas de retorno a diferentes distancias. Uma maneira é modelar a propagação do pico de corrente pelo canal com base nas medidas dos campos elétrico e magnético remotos.

O primeiro passo para estimar-se o pico de corrente, deve-se levar em consideração os efeitos de propagação da radiação visando obter-se um valor de intensidade do sinal normalizado pela distância (range normalized signal strength, RNSS) de acordo com o seguinte modelo (SALARIS & PORTELA, 2005):

$$RNSS = C \times S \times \left(\frac{R}{D}\right)^P \times e^{\left(\frac{R-D}{A}\right)} \quad (3)$$

Onde S é a intensidade do sinal medido pelo sistema, R é a distância em km, D é a distância de normalização o qual é definida como 100 km, P é o expoente de atenuação sendo 1,13, e A é a escala do comprimento de atenuação da radiação tendo o valor de 10^5 km.

Tendo o valor da RNSS, pode-se aplicar a equação (4) que estima a corrente de pico, I_{pk} , da descarga de retorno. Esta é a expressão atualmente utilizada (SALARIS e PORTELA, 2005).

$$I_{pk} = 0,185 \times RNSS \quad (4)$$

A partir dos dados de corrente, algumas aplicações do sistema podem ser citadas, como a melhoria ou otimização de sistemas de proteção contra descargas atmosféricas na cidade.

8 CONCLUSÃO

A interação do aluno com a solução de um problema possibilita uma forma de aprendizado conhecida por aprendizagem baseada em problema. O problema neste caso consiste em detectar uma onda eletromagnética. O processo de detecção exige do acadêmico a convergência do conhecimento obtido em sala de aula e em práticas de laboratório para solucionar um problema.

A solução de um problema pode ser observada num projeto de iniciação científica. Na execução do projeto o aluno de certa forma também aplica o conhecimento para solucionar um problema. Pode-se observar que na execução do projeto o aluno interage de forma global com outros alunos, com vários professores, com fornecedores de componentes, entre outras pessoas. Ainda verifica-se, neste caso, que o aluno pratica montagem de circuitos eletrônicos, aplica conceitos de eletromagnetismo, ou seja, aplica o conhecimento desenvolvido nas aulas.

A iniciação científica pode ser caracterizada como uma metodologia de ensino conhecida como aprendizagem baseada em problemas, desde que a solução da iniciação esteja ligada a uma solução prática do mundo real, forçando o acadêmico a chegar a uma solução final, mesmo que a solução apresente algumas limitações.

A solução proposta pelo aluno apresenta todas as etapas que foram necessárias para solucionar o problema de detecção de descargas atmosféricas. O trabalho começou com o estudo e síntese de uma descarga atmosférica. Após a síntese foi feita a determinação teórica dos métodos empregados na detecção. Estudo de filtros e detecção de ondas eletromagnéticas permitiu planejar a construção do protótipo. A determinação da interação entre os componentes eletrônicos, sua montagem e uso de instrumentação para testes permitiu executar a montagem do protótipo. A partir do protótipo foi possível determinar a aplicação dos dados coletados e como devem ser observados. A interação com uma aplicação prática de solução e otimização de sistemas de proteção de descargas atmosféricas possibilitou a interação entre um problema e uma solução final. Por fim o trabalho caracteriza a solução de um problema real baseado na metodologia de aprendizagem baseada em problemas.

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Ministério da Educação e do Desporto. **Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia**. Resolução CNE/CES 11/2002. Diário Oficial da União, Brasília, 9 abr. 2002.

BOUD, D. FELETTI, G. **The Challenge of Problem-based Learning**. New York: St. Martin's Press, 1991.

KALATZIS, Adriana C. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, Escola de Engenharia de São Carlos. **Aprendizagem Baseada em Problemas em uma Plataforma de Ensino a Distância com Apoio dos Estilos de Aprendizagem: uma análise do aproveitamento dos estudantes de engenharia**, 2008. 102p, il. Dissertação (Mestrado).

MARSH, H., HATTIE, J. The Relation between research productivity and teaching effectiveness. **The Journal of Higher Education**, v. 73, n. 5, p. 603-641, set./out. 2002.

PAIXÃO, E. L., LAUDARES, J. B., VIGGIANO, A. R. O Ensino de Engenharia e Formação do Engenheiro: Contribuição do Programa de Mestrado em Tecnologia do CEFET-MG – Educação Tecnológica. **Anais: XXXIV - Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia**. Passo Fundo: Universidade de passo Fundo, 2006.

PEREIRA, Marco A. C. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, Escola Politécnica. **Competências para o Ensino e a Pesquisa: Um Survey com Docentes de Engenharia Química**, 2007. 288p, il. Tese (Doutorado).

PINTO, I.R.C.A., O. PINTO Jr., R.M.L. Rocha, J.H. Diniz, A.M. Carvalho; Filho, A. C. **Cloud-to-ground lightning flashes in the southeastern Brazil in 1993, 2, Time variations and flash characteristics**. J. Geophys. Res., v.104, n. D24, p. 31381-1388, 1999b.

PORTAL RINDAT. Disponível em: <http://www.rindat.com.br> Acesso em: 3 Fev 2009.

SALARI, J. C., PORTELA C., Development of a frequency domain electromagnetic transient program, **Proceedings** of the VIII International Symposium on Lightning Protection (SIPDA), pp. 243-248, Sao Paulo, Brazil, Nov.2005.

ROMERO, Fabio. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, Escola Politécnica. Avaliação dos Campos Eletromagnéticos Gerados por Descargas Atmosféricas Nuvem – Terra, 2007. 155p. il. Dissertação (Mestrado).

LEARNING AND PROBLEM-BASED DETECTION OF ATMOSPHERIC DISCHARGES: A CASE STUDY COURSE OF ELECTRICAL ENGINEERING OF INSTITUTO SUPERIOR TUPY

Abstract: *This work presents the relationship between the undergraduate research and problem-based learning. The undergraduate research presented in this work relates to lightning discharges. It is shown the areas that a student needs to know in order to solve the problem of lightning discharge detection, since the involved areas exhibit distinct knowledge. The proposed lightning detection system is a first attempt to build a prototype, which will require further enhancements. However, it presents the importance of knowledge synthesis, organization and application earned in the undergraduate course. It also shows that in order to solve a problem, the student needs after the particular subject research, He also needs to interact with professors and material suppliers, which will help to develop diverse skills. The practical developed skills include the prototype montage, interaction with electronic device suppliers and the learning of many different problem solving steps.*

Key-words: *Problem solving, lightning discharge, undergraduate research.*