

Ambiente Computacional Baseado em *Web* para Estudo de Rádio-Propagação

A. M. Cavalcante, D. H. Moreira, J. C. W. A. Costa, C. R. L. Francês, G. P. S. Cavalcante
UFPA – DEEC – LEA – Rua Augusto Corrêa, No. 01, Guamá - Caixa Postal 8619 - CEP 66.075-900 – Belém – Pará

Resumo — Este trabalho apresenta um ambiente computacional baseado em *Web* para estudo de rádio-propagação em problemas clássicos. A abordagem eletromagnética dos problemas é realizada através das técnicas de traçado de raios juntamente com a Teoria Uniforme da Difração (UTD). A modelagem *Web* é realizada através da linguagem de programação orientada à objetos Java. O ambiente computacional desenvolvido objetiva servir de ferramenta didática voltada ao ensino de eletromagnetismo aplicado.

Palavras-chaves— *web*, *softwares* educacionais, rádio-propagação, traçado de raios.

I. INTRODUÇÃO

O estudo de eletromagnetismo em cadeiras do curso de engenharia geralmente carecem de ferramentas gráficas que fundamentem a base teórica abordada. Mais especificamente no estudo de rádio-propagação, este obstáculo pode ser minimizado com o uso de métodos baseados em traçado de raios [1]-[4]. Estes métodos permitem a visualização das componentes de multipercursos do sinal assim como a determinação dos campos, utilizando-se a Teoria Uniforme da Difração (UTD) [2],[3]. Adicionalmente, é possível calcular e visualizar através de perfis, parâmetros de dispersão temporal do canal rádio-móvel, parâmetros estes fundamentais na caracterização dos mesmos para modernos sistemas de transmissão digital via rádio [4].

Neste contexto, *softwares* educacionais aparecem como uma importante ferramenta complementar no ensino de eletromagnetismo aplicado e disciplinas afins. Isso se deve ao fato destes *softwares* oferecerem meios convenientes para manipulações matemáticas e para visualização dos fenômenos físicos associados àquelas disciplinas. Considere-se, ainda, que a montagem de modernos laboratórios na área implica em altos custos.

MatlabTM e MathematicaTM, por exemplo, são ambientes computacionais muito usados em engenharia, tanto na área de ensino quanto na área profissional. Tais ambientes possibilitam a criação de *softwares* que proporcionam facilidades em manipulações matemáticas e boas rotinas para visualização de resultados. Entretanto, esses *softwares* somente podem ser executados na presença daqueles

ambientes. Para contornar esse problema, linguagens como C++, Visual Basic e DelphiTM (*Object Pascal*) são largamente utilizadas, com excelentes resultados na criação de arquivos executáveis independentes. Apesar dessas linguagens já oferecerem suporte a várias rotinas de visualização gráfica para o desenvolvimento de *softwares*, elas são limitadas no aspecto didático da seguinte forma: a distribuição e divulgação dos *softwares* desenvolvidos enfrentam problemas relacionados a portabilidade (funcionamento independente da máquina e sistema operacional) e licença de uso (programadores devem ter cópias licenciadas dessas linguagens).

Adicionalmente, a Internet é de fato o grande meio de difusão de informações da atualidade, estabelecendo um novo paradigma nas comunicações. Cada vez mais, negócios são realizados pela *Web*. A área educacional também está se adaptando a essa tendência. Cursos à distância são cada vez mais oferecidos, inclusive cursos de nível superior.

No Laboratório de Eletromagnetismo Aplicado (LEA) do Departamento de Engenharia Elétrica e de Computação da Universidade Federal do Pará (UFPA), vêm sendo desenvolvidos programas didáticos para auxílio ao ensino de eletromagnetismo e de telecomunicações [5],[6], utilizando-se para isso, ambientes computacionais como o MathematicaTM e linguagens nativas como o DelphiTM (*Object Pascal*).

O presente trabalho procura dar continuidade a essa linha de atuação, porém, voltada para a Internet. Propõe-se o desenvolvimento de uma ferramenta computacional para auxílio ao estudo de rádio-propagação baseado nas técnicas de traçado de raios. Tal ferramenta é chamada de Web-RT-Simulator e representa a versão *web* do simulador chamado RT-Simulator [7].

Este artigo está dividido na seguinte forma: na seção II são expostas as características básicas do projeto de *software* do Web-RT-Simulator; a seção III mostra o ambiente computacional e suas características funcionais e finalmente a seção IV apresenta as conclusões.

II. PROJETO DE SOFTWARE DO WEB-RT SIMULATOR

A programação orientada a objetos é um paradigma poderoso na criação de programas que sobrevivem a mudanças inevitáveis, acompanhando o crescimento e o amadurecimento de qualquer sistema. Quando se entende a função de cada objeto e se tem interfaces bem definidas entre eles, pode-se desativar com segurança partes de um sistema mais antigo. Os mecanismos fundamentais da programação orientada a objetos são conhecidos como encapsulamento, herança e polimorfismo.

* UFPA, Av. Augusto Corrêa, 01, Belém-PA, Brasil, tel: +55-91-2111302, Fax: +55-91-2111634, A. M. Cavalcante, amc@ufpa.br, D. H. Moreira, dm_henriques@yahoo.com.br, J. C. W. C. A. Costa, jwewl@ufpa.br, C. R. L. Francês, rfrances@ufpa.br, G. P. S. Cavalcante, gervasio@ufpa.br; Este trabalho foi financiado pelo Convênio ERICSSON/AMCEL/UFPA.

Deve-se pensar no encapsulamento como uma embalagem de proteção ao redor do código e dos dados que estão sendo manipulados. Essa embalagem define o comportamento e protege o código e os dados contra o acesso arbitrário de outro código. Na linguagem Java, a base do encapsulamento é a classe. Cria-se uma classe que representa uma abstração de um conjunto de objetos que compartilham da mesma estrutura e do comportamento definidos pela classe [8]-[11].

Java é particularmente conveniente para o uso em aplicativos para a Internet, mas também é uma linguagem de propósito geral. Pode ser usada com bons resultados para gerar arquivos independentes, assim como C, Pascal e etc.

Um dos motivos do grande sucesso do Java é que com ele pode ser criado o que se chama de *applet*. Um *applet* é uma aplicação que é executada quando se acessa uma página *Web*. Os *applets* são acessados num servidor da Internet, transportados pela rede, instalados automaticamente no computador cliente e executados como parte de um documento *Web*, podendo assim, produzir uma interface de usuário multimídia e executar cálculos complexos.

O Web-RT-Simulator trata-se de um *applet java* desenvolvido com o auxílio da ferramenta visual de programação em Java NetBeans [12]. Criado com o intuito de gerar uma versão do RT-Simulator [7] para a internet, a *applet* deverá rodar em qualquer *browser* que ofereça suporte ao *plug-in java* da Sun Microsystems, independentemente do sistema operacional utilizado.

A. Modularização

De modo a facilitar o desenvolvimento do mini-aplicativo, foi realizado um processo de modularização da sua codificação em três etapas principais:

- 1- Entrada de Dados;
- 2- Processamento de Dados;
- 3- Saída de Informações.

A primeira etapa, totalmente concluída e plenamente funcional, diz respeito à interface de coleta de dados para posterior processamento pelo sistema. A segunda etapa, diz respeito à implementação das classes que realizarão o processamento dos dados anteriormente coletados. Técnicas como a criação de um objeto processador virtual e o uso de *multithreading* devem otimizar este segmento. A terceira etapa, faz referência à externalização das informações obtidas do processamento, através de gráficos, diagramas e mapas virtuais.

A Fig.1 mostra um diagrama de classes simplificado para o *applet*. Diagramas de classes expressam aspectos estruturais do sistema implementado.

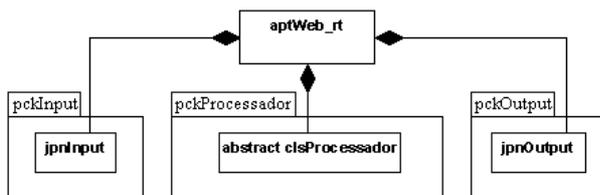


Fig. 1. Diagrama de classes do Web-RT-Simulator

Observa-se pelo diagrama da Fig1 que a estrutura do *Web-RT-Simulator* obedece o padrão entrada de dados, processamento e saída de informações. Tem-se, a seguir, uma breve descrição das classes identificadas:

- **aptWeb_rt:** *applet* herdado do pacote *javax.swing (JApplet)* que agrega as classes de entrada, processamento e saída de informações;
- **pckInput:** pacote de classes que possibilitam a entrada de dados no sistema;
 - *jpnInput:* container gráfico do pacote *javax.swing (JPanel)* que agrupa os componentes visuais para a entrada de dados.
- **pckProcessador:** pacote de classes que possibilitam o processamento dos dados anteriormente coletados;
 - *clsProcessador:* classe abstrata passível de especialização para as diversas configurações de traçados de raios (dois raios, seis raios, dez raios, etc);
- **pckOutput:** pacote de classes que possibilitam a saída de informações do sistema;
 - *jpnOutput:* container gráfico do pacote *javax.swing (JPanel)* que agrupa os componentes visuais para a exibição das informações obtidas do processamento.

B. Web-RT-Simulator versus RT-Simulator

É importante salientar que o Web-RT-Simulator, ao mesmo tempo em que se propõe a ser uma versão para a internet do RT-Simulator, não tem a mesma flexibilidade e complexidade deste *software*. Enquanto o RT-Simulator permite o carregamento de cenários e antenas variadas, e possibilita uma análise do traçado de raios em diferentes modos de recepção (ponto-a-ponto, percursos e malhas), o Web-RT-Simulator está limitado a um único cenário simplificado (terra plana com corredor), com duas antenas simples para a análise de até seis (6) raios transmitidos. Entretanto, o Web-RT-Simulator está preparado para progressivamente incorporar as funcionalidades existentes no RT-Simulator, mantendo-se, claro, a filosofia didática voltada para a Internet.

A principal justificativa para o desenvolvimento do Web-RT-Simulator é a obtenção de um aplicativo multiplataforma que, para fins educacionais, seja intuitivo no sentido de transmitir ao usuário final os principais aspectos relacionados à técnica de traçado de raios aplicada na modelagem de propagação de ondas. Além disso, ele servirá como um excelente veículo de divulgação do RT-Simulator, com auxílio da tecnologia java.

III. RESULTADOS

O ambiente computacional desenvolvido (Web-RT-Simulator) implementa em versão atual as duas primeiras etapas do processo de modularização descrito na Seção II, sendo apresentados a seguir, alguns resultados preliminares.

A. Entrada de Dados

O segmento de entrada de dados do *java applet* Web-RT-Simulator conta com uma interface cheia de componentes pertencentes ao pacote gratuito *java.swing*. Além desses componentes, foram criados outros especialmente para a montagem do cenário a ser analisado no traçado de raios. Tais componentes, apesar de se apresentarem em três dimensões, foram todos produzidos a partir do pacote *java2D*, com o intuito de ocupar uma quantidade mínima de memória principal. A Fig.2 mostra a interface desenvolvida com o uso de tais componentes:

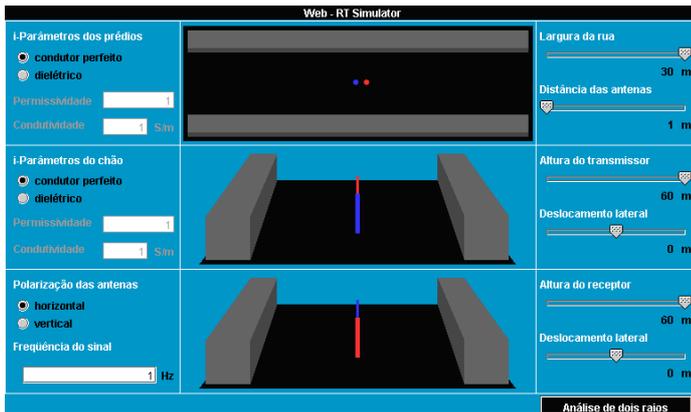


Fig. 2. Entrada de dados do Web-RT-Simulator

A Fig. 3 mostra a seção 1 de entrada de dados destinada à inserção dos parâmetros elétricos dos materiais que constituem o cenário de simulação.

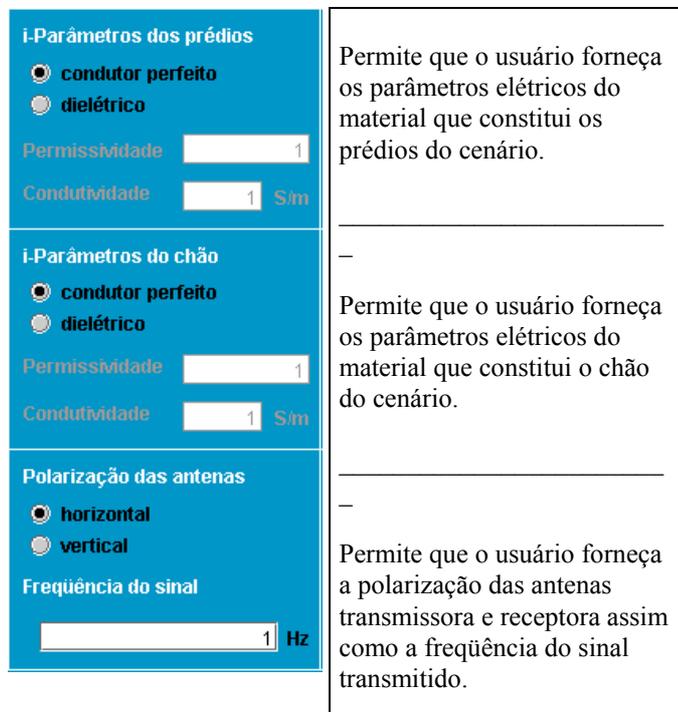


Fig. 3. Inserção dos parâmetros elétricos dos materiais que constituem o cenário

A seção 2 da *applet* mostra a representação gráfica do cenário sob três pontos de vista (Fig.4). O segmento superior da Fig.4 possibilita uma visão panorâmica do ambiente. O segmento central mostra o mesmo cenário a partir da antena transmissora (em azul), enquanto que o terceiro segmento, mostra o cenário sob a ótica da antena receptora (em vermelho).

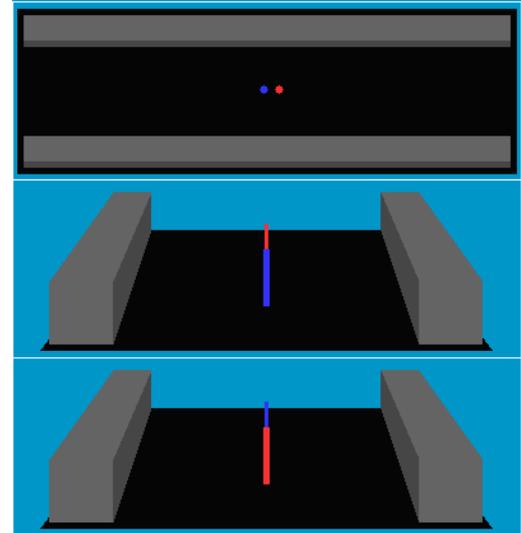


Fig. 4. Cenário de Simulação do Web-RT-Simulator

A terceira seção do *applet* é responsável pela manipulação do cenário e pelos posicionamentos das antenas. Esses parâmetros são alterados através das barras de rolagem laterais e são atualizadas em tempo real no cenário desenhado, conforme mostrado na Fig.5.

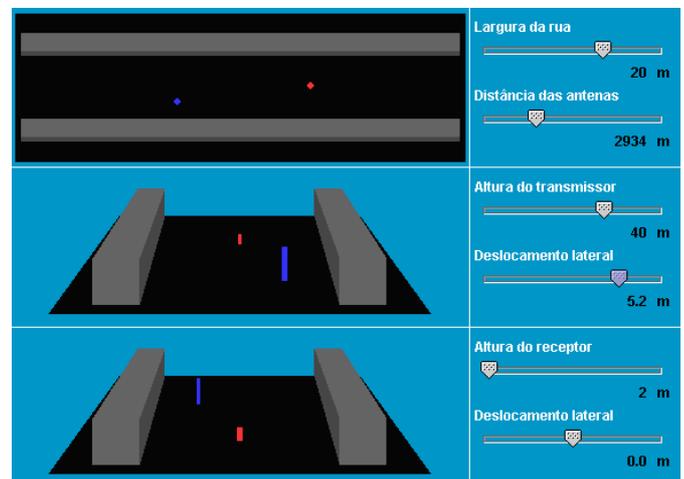


Fig. 5. Manipulação de cenário de simulação no Web-RT-Simulator

B. Processamento de Dados

As rotinas computacionais desenvolvidas para esta etapa são referentes aos seguintes aspectos:

1) *Tratamento Geométrico dos Raios*: A abordagem adotada para se realizar o traçado de raios através do cenário é baseada na Teoria das Imagens (IT – *Image Theory*) [2],[3]. Esta escolha deve-se ao fato da IT ser eficiente na determinação exata das trajetórias dos raios em cenários simples, sem redundância [3].

2) *Tratamento Eletromagnético dos Raios*: A análise eletromagnética é realizada usando a Teoria Uniforme da Difração (UTD) [2],[3]. O uso da UTD se justifica por ela ser do ponto de vista prático, a técnica que melhor combina precisão com eficiência computacional [2]. Na versão atual do Web-RT-Simulator estão incluídos mecanismos de primeira ordem (raio direto, reflexão simples) e mecanismos de segunda ordem (dupla reflexão). O campo total em um ponto de observação é obtido pela soma coerente dos campos referentes aos mecanismos de acoplamento considerados. Os coeficientes de reflexão usados nos cálculos são os coeficientes de *Fresnel* [2].

3) *Parâmetros de Dispersão Temporal do Canal*: Para efeito de comparação de diferentes canais rádio-móvel e desenvolver um guia geral para projeto de sistemas *wireless*, alguns parâmetros de dispersão temporal são utilizados na caracterização destes, sendo úteis para que se quantifique o canal para estimativa de desempenho [13],[14]. Os parâmetros clássicos adotados pelo simulador são:

- Retardo Excedido Médio (*mean excess delay*)
- Espalhamento Temporal rms (*rms delay spread*)
- Espalhamento Temporal Excedido (*excess delay spread*)
- Banda de Coerência (*Coherence Bandwidth*)

A etapa do processo de modularização destinada à saída de informações está em fase de desenvolvimento. Entretanto, é importante ressaltar que todas as ferramentas matemáticas necessárias para tal já estão implementadas.

IV. CONCLUSÃO

Um ambiente computacional baseado em *Web* foi apresentado. Este ambiente pode ser usado como ferramenta didática para o ensino de rádio-propagação em problemas clássicos. A linguagem adotada para programação (Java) foi escolhida por apresentar grandes ferramentas para desenvolvimento de aplicações interativas para Internet, além de tratar-se de uma linguagem orientada a objetos, com bons recursos para solução de cálculos mais complexos.

Como se trata de um primeiro esforço rumo ao desenvolvimento de um ambiente computacional para ensino na Internet, os resultados foram satisfatórios.

Em trabalhos futuros, esse ambiente constará de uma ferramenta mais efetiva no auxílio ao ensino de alunos de engenharia elétrica e de profissionais da área de telecomunicações no ramo da rádio-propagação.

- [1] G. Wölfle, R. Hoppe, F. M. Landstorfer. “A Fast and Enhanced Ray Optical Propagation Model for *Indoor* and Urban Scenarios, Based on an Intelligent Preprocessing of the Database”. 10th IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, Setembro, 1999.
- [2] M. F. Cátedra and J. Pérez-Arriaga. *Cell Planning for Wireless Communications*, Artech House –Mobile Communications Series, 1999.
- [3] D. N. Schettino e F. J. S. Moreira, “Um Algoritmo Eficiente para o Traçado de Raios na Predição de Cobertura Radioelétrica em Ambientes Urbanos”, X Simpósio Brasileiro de Microondas e Optoeletrônica, Recife, PE, Brasil, Agosto 2002, pp. 196-200.
- [4] G. Wölfle, R. Hoppe, T. Rautiainen, “Verifying path loss and delay spread predictions of a 3D ray tracing propagation model in urban environment”, *Vehicular Technology Conference, 2002. Proceedings. VTC 2002-Fall. 2002 IEEE 56th*, vol.4, 24-28 Sept. 2002.
- [5] D. O. Pereira e J. C. W. A. Costa, “Computational Environment for the Study of Optical Waveguides,” *IEEE Trans. Educ.*, vol. 42, pp. 305-310, Nov. 1999;
- [6] S. C. C. Costa, “ANTENAS – Ambiente Computacional para Análise e Projeto de Antenas e Estruturas de Casamento”, Dissertação de Mestrado, UFPA, 2000, Belém – Pará;
- [7] A. M. Cavalcante, “Simulador 3D *Ray-Tracing* para Caracterização de Canais em Ambientes Móveis Celulares,” Dissertação de Mestrado, UFPA, 2003, Belém – Pará;
- [8] P. Naughton, “Dominando o Java – Guia Autorizado da Sun Microsystems”. Makron Books, São Paulo, 1996;
- [9] A. Damasceno Jr. , “Aprendendo Java: programação na Internet”, 3ª edição. Érica, São Paulo, 1996;
- [10] P. V. der Linden, “Just Java”. Makron Books, São Paulo, 1997;
- [11] Site da linguagem Java, www.javasoft.com.
- [12] Site da linguagem Java NetBeans (www.netbeans.org).
- [13] Antônio Nunes Belém, “Caracterização Bidimensional de Canais Rádio Através de Diferenças Finitas no Domínio do Tempo”, Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Eletrônica, UFMG, Setembro de 2001.
- [14] F. J. Ponce, F. Martí Pallarés, L. Juan-Llácer, and N. Cardona, “Educational Software Tool Based on a Geographical Information System (GIS) for Radio Wave Propagation Analysis,” *IEEE Trans. on Education*, vol. 44, no.42, pp. 355-364, Nov. 2001.