

Plataforma de Simulação de Sistemas de Comunicação Assistidas por RIS

Itallo Morais Beirigo Silva e Carlos Rafael Nogueira da Silva

Resumo—O avanço tecnológico demanda constantemente aprimoramentos na qualidade e capacidade de transmissão de dados. Neste contexto, as superfícies inteligentes reconfiguráveis (RIS - *reconfigurable intelligent surface*) emergem como uma inovação significativa. As RIS são um conjunto de placas refletoras posicionada entre transmissores e receptores, desempenhando um papel crucial em aplicações de ponta, como nas redes 6G, aviação e espaçonaves, e gestão de satélites. Neste trabalho será apresentado um software desenvolvido para simular a probabilidade de erro de bit de transmissão, com a possibilidade de variar o número de placas refletoras e o ambiente de desvanecimento. Com este software, poderemos realizar e visualizar a estatística para avançar no conhecimento do comportamento da RIS, apesar dos desafios significativos que essa tecnologia avançada apresenta.

Palavras-Chave—Plataforma de Simulação, Superfícies Refletoras Inteligentes, Taxa de Erro de Bit.

Abstract—Technological advancement demands constant improvements in data transmission quality and capacity. In this context, reconfigurable intelligent surfaces (RIS) emerge as a significant innovation. RIS are a set of reflective plates positioned between transmitters and receivers, playing a crucial role in cutting-edge applications, such as 6G networks, aviation and spacecraft, and satellite management. In this work, software developed to simulate the probability of transmission bit error will be presented, with the possibility of varying the number of reflective plates and the fading environment. With this software, we can perform and visualize statistics to advance knowledge of RIS behavior, despite the important challenges that this advanced technology presents.

Keywords—Simulation Platform, Reconfigurable Intelligent Surfaces, Bit Error Rate.

I. INTRODUÇÃO

As RIS estão no centro das atenções como uma inovação disruptiva nas comunicações sem fio, sendo um elemento essencial para a próxima geração de redes, o 6G [1], [2]. Essa tecnologia promete superar a qualidade de transmissão através do uso de metamateriais. A RIS tem a capacidade de moldar o ambiente de propagação das ondas de rádio, que tradicionalmente são consideradas imprevisíveis. Os metamateriais são cruciais para essa transformação, oferecendo controle sobre as ondas eletromagnéticas por meio da manipulação da impedância em escalas menores que o comprimento da onda. Essa capacidade resultou em progressos notáveis nas áreas de comunicações sem fio. Os autores em [3] exploram o potencial de RIS em redes veiculares, analisando o desempenho da

segurança das comunicações veiculares. Especificamente, o estudo focou em dois cenários de comunicação veicular: a comunicação veículo-a-veículo (V2V - *vehicle-to-vehicle*), onde as RIS atuam como um retransmissor, e o cenário de veículo para infraestrutura (V2I - *vehicle-to-infrastructure*), nos quais as RIS funcionam como um receptor. Em ambos os cenários, a presença de um interceptador passivo tentando capturar as informações transmitidas foi considerada. Os resultados obtidos demonstraram que o uso de RIS pode melhorar significativamente a segurança nas comunicações V2V e V2I, realçando o valor das RIS como uma tecnologia promissora para fortalecer o sigilo e a segurança em sistemas de comunicação veiculares.

Neste contexto, o presente artigo introduz um software inovador, projetado para enfrentar este desafio acadêmico e técnico. Este software oferece uma ferramenta poderosa capaz de simular probabilidade de sistemas assistido pelas RIS com precisão, representando um avanço significativo no auxílio ao entendimento e à aplicação dessa tecnologia. O programa foi especialmente desenvolvido para simular o uso das RIS em diversos ambientes de desvanecimento, permitindo análises detalhadas da probabilidade de sucesso na transmissão de sinais em cada cenário específico. Por meio de simulações, o software aborda a complexidade subjacente ao estudo das RIS, simplificando a investigação de seus impactos em diferentes contextos de aplicação. A utilização das distribuições nos permite modelar variações e incertezas na transmissão do sinal de maneira a prever a qualidade da comunicação sob diferentes condições. Este trabalho destaca a dificuldade extrema da matéria em questão e como a ferramenta desenvolvida contribui de maneira decisiva para o avanço no estudo e na implementação prática das RIS.

II. FUNCIONAMENTO

O funcionamento do programa é intuitivo. A figura 1 mostra a tela inicial do aplicativo. Ao iniciar o aplicativo, os usuários têm acesso imediato às informações iniciais necessárias para configurar a simulação, estas informações incluem: γ - Valor limiar requerido para a simulação; N - Número de transmissões; $P(a)$ - Modelo de canal; N_S - Número de placas refletoras.

O botão "Start" inicia a simulação. Ao acioná-lo, o programa processa os parâmetros fornecidos pelo usuário, incluindo o valor limiar γ , o número de transmissões N , o modelo de desvanecimento requerido $P(a)$, e o número de placas refletoras N_S . A atual versão disponibiliza os modelos de desvanecimento Rayleigh, Rice, Hoyt e Nakagami- m . Cada um

Itallo Morais Beirigo Silva, Departamento Engenharia Elétrica, UFTM, Uberaba-MG, e-mail: d201810990@uftm.edu.br; Carlos Rafael Nogueira da Silva, Departamento Engenharia Elétrica, UFTM, Uberaba-MG, e-mail: carlos.nogueira@uftm.edu.br.

Os autores agradecem a FAPEMIG pelo apoio financeiro

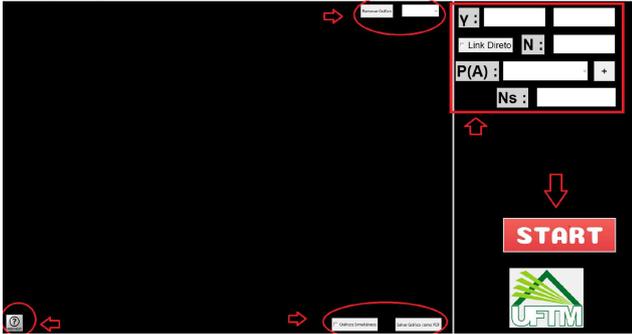


Fig. 1. Tela inicial do aplicativo.

desses modelos possui características específicas que permitem uma análise detalhada do comportamento do sinal em diferentes cenários de comunicação. A partir desses dados, o software executa os cálculos necessários para simular a probabilidade de erro de bit de transmissão, considerando as especificidades do modelo e as condições estabelecidas. Esta estrutura inicial permite aos usuários especificar os parâmetros fundamentais para a simulação, facilitando a análise da probabilidade de erro na transmissão sob o modelo desejado. A interface do programa é projetada para ser acessível, garantindo que os usuários possam facilmente navegar e inserir os dados requisitados para cada caso específico que desejem simular.

Além disso, o programa oferece opções gráficas avançadas. Ao selecionar a opção "Gráficos Simultâneos", é possível simular mais de um modelo ao mesmo tempo, permitindo que todos sejam exibidos em um único gráfico. Caso deseje remover um gráfico específico, pode-se utilizar o botão "Remover Gráfico", selecionando qual dos gráficos exibidos deseja eliminar. O programa também dispõe de um botão "Help", que abre um guia explicativo sobre o uso do software, oferecendo suporte aos usuários para entenderem melhor as funcionalidades disponíveis e como aproveitá-las ao máximo. Adicionalmente, existe a opção "Salvar como PDF", que permite salvar qualquer gráfico simulado em formato PDF. Essa funcionalidade é especialmente útil para documentação, apresentações ou análises futuras, facilitando o compartilhamento e a visualização dos resultados das simulações. Com essas funcionalidades, é possível preencher os dados no software para obter a simulação desejada. Por exemplo, se inserirmos os limites para γ de -5 a 10 dB, um valor de N igual a 10^4 e N_S de 100, utilizando a distribuição de Rayleigh para $P(a)$, o software gera um gráfico que ilustra a probabilidade de erro na transmissão do sinal para esse modelo de sistema específico. Esta visualização gráfica oferece uma compreensão clara do desempenho do sistema sob as condições estabelecidas, permitindo aos usuários avaliar a eficiência da transmissão e identificar potenciais áreas para otimização ou ajustes no modelo. A figura 2 mostra um exemplo de execução para um cenário sem link direto para o canal Rayleigh com $N = 10^4$ e $N_S = 100$ (linha tracejada). A figura 2 também mostra uma curva para a BER de um canal Rayleigh, $N_S = 0$ (sem auxílio de RIS), e link direto (linha pontilhada). Claramente mostrando a melhoria de desempenho proporcionado pela RIS.

Para validação, a simulação foi comparada com a equação

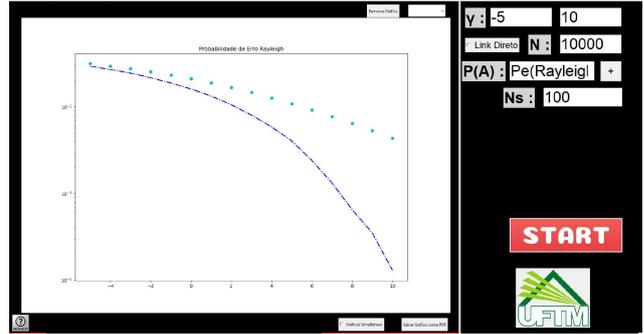


Fig. 2. Exemplo de execução do software.

analítica para um cenário com canal Rayleigh com $N = 10^4$, $N_S = 2$ e $\gamma = [-5, 10]$. Isso demonstra que a simulação é precisa e converge para os mesmos valores esperados pela teoria, validando a correção e a confiabilidade do software ao replicar comportamentos teóricos em ambientes simulados. A figura 3 mostra a simulação (linha tracejada) em conjunto com ao resultado analítico (linha pontilhada) mostrando aderência entre a simulação e a curva analítica. Esse alinhamento demonstra a alta precisão do modelo de simulação, reafirmando sua capacidade de replicar com exatidão os comportamentos teóricos esperados.

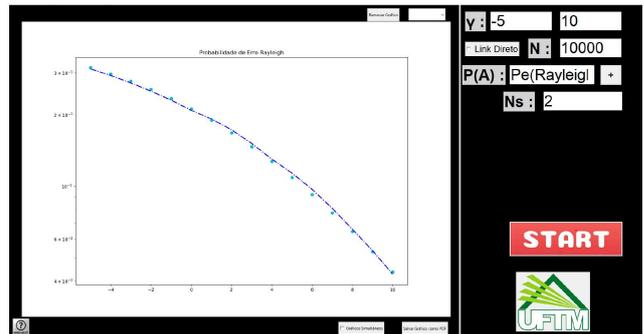


Fig. 3. Validação da simulação com resultado analítico.

III. CONCLUSÕES

A partir do exposto, é evidente que o software foi aplicado com sucesso aos parâmetros solicitados, demonstrando plenamente a viabilidade do sistema requerido. O próximo passo para a implementação envolve expandir o escopo para além do mecanismo RIS, incorporando-o aos sistemas de Antena de Entrada Múltipla e Saída Múltipla. Essa integração é crucial para simular com eficácia modelos mais avançados de sistemas de desvanecimento, elevando significativamente o desempenho e a robustez das comunicações.

REFERÊNCIAS

- [1] M. M. Amri, "Recent trends in the reconfigurable intelligent surfaces (ris): Active ris to brain-controlled ris," in *IEEE Int. Conf. Commun., Netw. and Satell. (COMNETSAT)*, Nov. 2022, pp. 299–304.
- [2] A. Khaleel and E. Basar, "Reconfigurable intelligent surface-empowered mimo systems," *IEEE Syst. J.*, vol. 15, no. 3, pp. 4358–4366, Aug. 2021.
- [3] Y. Ai, F. A. P. de Figueiredo, L. Kong, M. Cheffena, S. Chatzinotas, and B. Ottersten, "Secure vehicular communications through reconfigurable intelligent surfaces," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 70, no. 7, pp. 7272–7276, Jun. 2021.