

Helenton Carlos da Silva  
(Organizador)

Estudos (Inter)  
Multidisciplinares  
nas Engenharias

Helenton Carlos da Silva  
(Organizador)

# Estudos (Inter) Multidisciplinares nas Engenharias

Atena Editora  
2019

2019 by Atena Editora  
Copyright © Atena Editora  
Copyright do Texto © 2019 Os Autores  
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora  
Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira  
Diagramação: Geraldo Alves  
Edição de Arte: Lorena Prestes  
Revisão: Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Faria – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia  
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

### **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

### **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí  
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
E82	<p>Estudos (inter) multidisciplinares nas engenharias 1 [recurso eletrônico] / Organizador Helenton Carlos da Silva. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019.</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-697-3 DOI 10.22533/at.ed.973190910</p> <p>1. Engenharia – Pesquisa – Brasil. I. Silva, Helenton Carlos da.</p> <p style="text-align: right;">CDD 658.5</p>
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

Atena Editora  
Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
contato@atenaeditora.com.br

## APRESENTAÇÃO

A obra “*Estudos (Inter) Multidisciplinares nas Engenharias*” aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora, em seu I volume, apresenta, em seus 25 capítulos, discussões de diversas abordagens acerca da importância da (inter) multidisciplinaridade nas engenharias.

O processo de aprendizagem, hoje em dia, é baseado em um dinamismo de ações condizentes com a dinâmica do mundo em que vivemos, pois a rapidez com que o mundo vem evoluindo tem como chave mestra a velocidade de transmissão das informações.

A engenharia praticada nos dias de hoje é formada por conceitos amplos e as situações a que os profissionais são submetidos mostram que esta onda crescente de tecnologia não denota a necessidade apenas dos conceitos técnicos aprendidos nas escolas.

Desta forma, os engenheiros devem, além de possuir um bom domínio técnico da sua área de formação, possuir domínio também dos conhecimentos multidisciplinares, além de serem portadores de uma visão globalizada.

Este perfil é essencial para o engenheiro atual, e deve ser construído na etapa de sua formação com o desafio de melhorar tais características.

Dentro deste contexto podemos destacar que uma equipe multidisciplinar pode ser definida como um conjunto de profissionais de diferentes disciplinas que trabalham para um objetivo comum.

Neste sentido, este livro é dedicado aos trabalhos relacionados aos estudos da (inter) multidisciplinaridade nas engenharias, com destaque mais diversas engenharias e seus temas de estudos.

Os organizadores da Atena Editora agradecem especialmente os autores dos diversos capítulos apresentados, parabenizam a dedicação e esforço de cada um, os quais viabilizaram a construção dessa obra no viés da temática apresentada.

Por fim, desejamos que esta obra, fruto do esforço de muitos, seja seminal para todos que vierem a utilizá-la.

Helenton Carlos da Silva

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
A IMPORTÂNCIA DA (INTER) MULTIDISCIPLINARIDADE NAS ENGENHARIAS PARA O DESENVOLVIMENTO E OPERAÇÃO DAS CIDADES INTELIGENTES	
Roberto Righi Roberta Betania Ferreira Squaiella	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9731909101</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>13</b>
ANÁLISE DOS MÉTODOS DE ENSINO E AVALIAÇÕES UTILIZADOS NA GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA FLORESTAL	
Elaine Cristina Lengowski Carla Cristina Cassiano	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9731909102</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>26</b>
AVALIAÇÃO ERGONÔMICA DE POSTO DE TRABALHO EM UM ATELIÊ DE SOUVENIRS COM USO DOS MÉTODOS OWAS E DE SUZANNE RODGERS	
Jordy Felipe de Jesus Rocha Maria Vanessa Souza Oliveira Leila Medeiros Santos Bento Francisco dos Santos Júnior	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9731909103</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>40</b>
AVALIAÇÃO ERGONÔMICA: ESTUDO DE CASO DE VIGILANTES	
Gustavo Francesco de Moraes Dias Diego Raniere Nunes Lima Renato Araújo da Costa Roberto Pereira de Paiva e Silva Filho Fernanda da Silva de Andrade Moreira Hugo Marcel Flexa Farias Jessica Cristina Conte da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9731909104</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>53</b>
ESTILO DE LIDERANÇA QUE O ENGENHEIRO DE PRODUÇÃO DEVE POSSUIR NA ÓTICA DOS ENGENHEIROS DE PRODUÇÃO DA FACULDADE PARAÍSO DO CEARÁ	
Emmanuela Suzy Medeiros José Valmir Bezerra e Silva Júnior	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9731909105</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>66</b>
EVOLUÇÃO DAS POLÍTICAS PÚBLICAS PARA A INDÚSTRIA NO BRASIL	
Lídia Silveira Arantes Thales de Oliveira Costa Viegas	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9731909106</b>	

<b>CAPÍTULO 7 .....</b>	<b>80</b>
<b>GOVERNANÇA, RESPONSABILIDADE SOCIAL E SUSTENTABILIDADE: ENTENDENDO OS FENÔMENOS DE GESTÃO ORGANIZACIONAL</b>	
Leonardo Petrilli Denize Valéria dos Santos Baia Juliana Fernanda Monteiro de Souza	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9731909107</b>	
<b>CAPÍTULO 8 .....</b>	<b>93</b>
<b>PERCEPÇÃO AMBIENTAL DOS ALUNOS DO ENSINO FUNDAMENTAL DE UMA ESCOLA DA REDE PÚBLICA MUNICIPAL DE PARAUAPEBAS</b>	
Diego Raniere Nunes Lima Renato Araújo da Costa Gustavo Francesco de Moraes Dias Roberto Pereira de Paiva e Silva Filho	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9731909108</b>	
<b>CAPÍTULO 9 .....</b>	<b>105</b>
<b>ANÁLISE DO RISCO DE ACIDENTE CAUSADO PELA ALTA TEMPERATURA EM ALTO-FORNO SIDERÚRGICO NO MUNICÍPIO DE MARABÁ – PA</b>	
Diego Raniere Nunes Lima Roberto Pereira de Paiva e Silva Filho Gustavo Francesco de Moraes Dias Renato Araújo da Costa	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9731909109</b>	
<b>CAPÍTULO 10 .....</b>	<b>120</b>
<b>CONFECÇÃO DE BANCADA DIDÁTICA PARA SIMULAÇÃO DE SISTEMAS HIDRELÉTRICOS COM PERSPECTIVA À INTEGRAÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0</b>	
Kariston Dias Alves Gustavo Catusso Balbinot Artur Vitório Andrade Santos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.97319091010</b>	
<b>CAPÍTULO 11 .....</b>	<b>131</b>
<b>DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIA PARA ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA DE TERMELÉTRICAS A BIOMASSA NO BRASIL</b>	
Beatriz Gabrielle de Carvalho Pinheiro Josiane do Socorro Aguiar de Souza Oliveira Campos Luciano Gonçalves Noleto Maria Vitória Duarte Ferrari Tallita Karolline Nunes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.97319091011</b>	
<b>CAPÍTULO 12 .....</b>	<b>143</b>
<b>DESENVOLVIMENTO DE UM REGULADOR AUTOMÁTICO DE TENSÃO MICROCONTROLADO UTILIZADO EM GERADORES SÍNCRONOS ISOLADOS</b>	
Guilherme Henrique Alves Lúcio Rogério Júnior Antônio Manoel Batista da Silva Wellington Mrad Joaquim	

**CAPÍTULO 13 ..... 157**

**DESPACHO ÓTIMO DAS UNIDADES GERADORAS DA USINA HIDRELÉTRICA  
LUIS EDUARDO MAGALHÃES**

Henderson Gomes e Souza  
Brunno Henrique Brito  
Vailton Alves de Faria  
Jabson da Cunha Silva

**DOI 10.22533/at.ed.97319091013**

**CAPÍTULO 14 ..... 170**

**DIMENSIONAMENTO E ANÁLISE ÓPTICA E TÉRMICA DE UM COLETOR  
PARABÓLICO COMPOSTO COM E SEM EFEITO ESTUFA**

Joaquim Teixeira Lopes  
Ricardo Fortes de Miranda  
Keyll Carlos Ribeiro Martins  
Camila Correia Soares

**DOI 10.22533/at.ed.97319091014**

**CAPÍTULO 15 ..... 177**

**EFEITOS DO TRATAMENTO TÉRMICO DE ENDURECIMENTO POR  
PRECIPITAÇÃO NA MICROESTRUTURA E PROPRIEDADES MECÂNICAS EM  
LIGAS DE AL-SI-MG FUNDIDAS**

Albino Moura Guterres  
Daniel Beck  
Cláudio André Lopes de Oliveira  
Juliano Poleze

**DOI 10.22533/at.ed.97319091015**

**CAPÍTULO 16 ..... 186**

**ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DE IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS  
FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A REDE PARA CONSUMIDORES DO GRUPO A**

Roberto Pereira de Paiva e Silva Filho  
Murilo Miceno Frigo  
Gustavo Francesco de Moraes Dias  
Diego Raniere Nunes Lima  
Renato Araújo da Costa  
Timóteo Gonçalves Braga

**DOI 10.22533/at.ed.97319091016**

**CAPÍTULO 17 ..... 199**

**GESTÃO AMBIENTAL: ESTUDO DE CASO DA GESTÃO DOS RESÍDUOS  
ELETRÔNICOS NA IMAGEM SOM ELETRÔNICA LTDA**

Carla Ruanita Pedroza Maia  
Leila Medeiros Santos  
Maria Vanessa Souza Oliveira  
Bento Francisco dos Santos Júnior

**DOI 10.22533/at.ed.97319091017**



<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>212</b>
INDICADOR DE CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA	
Jean Carlos da Luz Pereira Felipe Guimarães Ramos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.97319091018</b>	
<b>CAPÍTULO 19</b> .....	<b>225</b>
INVESTIGAÇÃO PRELIMINAR DE MODIFICAÇÕES NA CÉLULA FOTOVOLTAICA MONOCRISTALINA DE SILÍCIO	
Marcus André Pereira Oliveira Ana Flávia de Sousa Freitas Thiago Barros Pimentel Adão Lincoln Montel	
<b>DOI 10.22533/at.ed.97319091019</b>	
<b>CAPÍTULO 20</b> .....	<b>234</b>
UMA APLICAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E EFICIÊNCIA EXERGÉTICA DAS TURBINAS A VAPOR NAS INDÚSTRIAS SUCROALCOOLEIRAS	
Nancy Lima Costa Maria de Sousa Leite Filha Arthur Gilzeph Farias Almeida Jaciera Dantas Costa Antônio Daniel Buriti de Macêdo José Nunes de Oliveira Neto Jordany Ramalho Silveira Farias José Jefferson da Silva Nascimento	
<b>DOI 10.22533/at.ed.97319091020</b>	
<b>CAPÍTULO 21</b> .....	<b>242</b>
THE STEAM GENERATION CENTERS AS A VECTOR FOR THE SUGARCANE MILLS EVOLUTION TO THE SUCRO-ENERGETICS PLANTS FORMAT	
Roque Machado de Senna Henrique Senna Rosimeire Aparecida Jerônimo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.97319091021</b>	
<b>CAPÍTULO 22</b> .....	<b>252</b>
ANÁLISE DE CERTIFICADOS DIGITAIS EM DOMÍNIOS BRASILEIROS	
Matheus Aranha Diogo Pereira Artur Ziviani Fábio Borges	
<b>DOI 10.22533/at.ed.97319091022</b>	
<b>CAPÍTULO 23</b> .....	<b>264</b>
ANÁLISE DO IMPACTO DO ROTEAMENTO ALTERNATIVO EM REDES ÓPTICAS ELÁSTICAS TRANSLÚCIDAS CONSIDERANDO DIFERENTES CENÁRIOS DE DEGRADAÇÃO DA QUALIDADE DE TRANSMISSÃO	
Arthur Hendricks Mendes de Oliveira Helder Alves Pereira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.97319091023</b>	

<b>CAPÍTULO 24</b> .....	<b>271</b>
SENSORIAMENTO ELETRÔNICO DE BAIXO CUSTO NO MONITORAMENTO HIDRÁULICO DE BOMBAS CENTRÍFUGAS	
Lidiane Bastos Dorneles	
Samuel dos Santos Cardoso	
Samanta Tolentino Ceconello	
Jocelito Saccol de Sá	
<b>DOI 10.22533/at.ed.97319091024</b>	
<b>CAPÍTULO 25</b> .....	<b>283</b>
TUTORIAL SOBRE REPETIDORES DE DADOS MÓVEIS	
Carine Mineto	
Lyang Leme de Medeiros	
Helder Alves Pereira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.97319091025</b>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR</b> .....	<b>295</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO</b> .....	<b>296</b>

## TUTORIAL SOBRE REPETIDORES DE DADOS MÓVEIS

### Carine Mineto

Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Engenharia Elétrica e Informática, Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica  
Campina Grande - Paraíba

### Lyang Leme de Medeiros

Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Engenharia Elétrica e Informática, Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica  
Campina Grande - Paraíba

### Helder Alves Pereira

Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Engenharia Elétrica e Informática, Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica  
Campina Grande – Paraíba

**RESUMO:** O principal objetivo da utilização dos repetidores de dados móveis é de aumentar a área de cobertura dos sistemas de comunicação. Ao se utilizar um repetidor, realiza-se a replicação do sinal. Esse processo consiste em captar, restaurar, se necessário, amplificar e emitir o sinal recebido tanto do equipamento do usuário quanto da estação base (EB). Sua utilização também reflete em economia financeira e de energia, possuindo instalação e manutenção mais simples, quando comparado com a EB. No entanto, verifica-se na literatura que os repetidores não só contribuem com a melhoria no estabelecimento da conexão, como também podem gerar problemas na adição de

ruído, além de interferir na transmissão da EB. A contribuição deste capítulo é de apresentar um tutorial sobre os repetidores de dados móveis, incluindo os estados da arte e da técnica e, conseqüentemente, discutir sua implementação e usabilidade em comunidades com dificuldades no estabelecimento da comunicação móvel celular.

**PALAVRAS-CHAVE:** Comunicação Móvel Celular, Espectro de Frequência, Rádio Frequência, Rede Celular, Repetidor de Dados Móveis.

### MOBILE DATA REPEATERS: A TUTORIAL

**ABSTRACT:** The main purpose of using mobile data repeaters is to increase the coverage area of the communication systems. When a repeater is used, signal replication is performed. This process consists in capturing, restoring, if necessary, amplifying and transmitting the received signal from both the user's equipment and the base station (BS). The use of this equipment also reflects in financial and energy savings, having simpler installation and maintenance when compared to BSs. However, it is verified in the literature that the mobile data repeaters do not only contribute to the improvement in the establishment of the connection, but also can generate problems in the addition of noise, besides interfering in the

transmission of the BSs. The contribution of this chapter is to present a tutorial on mobile data repeaters, including the state of the art and the state of technique, and, consequently, to discuss its implementation and usability in communities with difficulties in the establishment of mobile cellular communication.

**KEYWORDS:** Cellular Network, Frequency Spectrum, Mobile Cellular Communication, Mobile Data Repeater, Radio Frequency.

## 1 | INTRODUÇÃO

A popularização do acesso à rede mundial de computadores (*internet*) tem feito com que o tráfego de dados aumente a cada ano. Esse aumento acarreta na necessidade de melhoria na infraestrutura da rede [BURIOL et al., 2003]. No entanto, nos grandes centros urbanos pode existir restrição para instalação de novas antenas, além do espectro de frequência, requerido para essa expansão, ser limitado (CORRÊA et al., 2016). Além disso, a expansão das redes não acontece de forma homogênea pois há áreas que podem se tornar isoladas pela dificuldade na recepção de sinais de rádio-frequência (RF). Com isso, alguns usuários são prejudicados por essa circunstância (STEWART, 2012). Ademais, produzir um sistema capaz de repetir o sinal de RF, que ao longo de sua transmissão pode sofrer de atenuação e possíveis interferências, resolveria o problema de algumas comunidades (rurais, por exemplo), que porventura podem receber um sinal de RF com degradação de qualidade (FARIA, 2010).

O objetivo principal da utilização dos repetidores de dados móveis é de aumentar a área de cobertura dos sistemas de comunicação (ALI et al., 2004). Ao se empregar um repetidor, realiza-se a replicação do sinal, que consiste em amplificar o sinal recebido, tanto do equipamento do usuário (EU) quanto da estação base (EB) (LEE et al., 2000; SCHULTZ, 2004; FARIA, 2010; LÄHDEKORPI, P. et al., 2010). Sua utilização também reflete em economia financeira e de energia, possuindo instalação e manutenção mais simples, quando comparado com a EB (NASCIMENTO, 2012; MARTIN, 2015). No entanto, verifica-se na literatura que os repetidores não só contribuem com a melhoria no estabelecimento das conexões como também podem gerar problemas na adição de ruído ao sinal de RF, além de interferir na transmissão da EB (LEE et al., 2000).

A contribuição deste capítulo é de apresentar um tutorial sobre os repetidores de dados móveis, incluindo os estados da arte e da técnica e, conseqüentemente, discutir sua implementação e usabilidade em comunidades com dificuldades no estabelecimento da comunicação móvel celular.

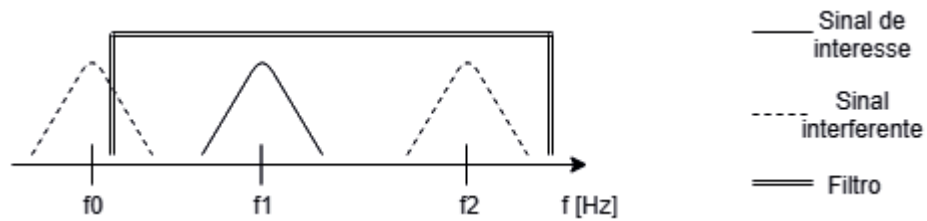
## 2 | REPETIDORES DE DADOS MÓVEIS

Na literatura, verifica-se que pode ocorrer inviabilização na comunicação móvel

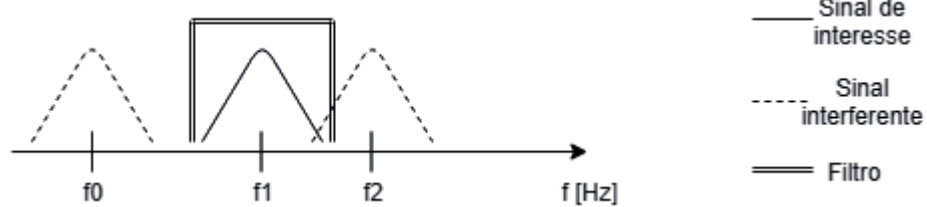
celular em determinadas áreas, as quais a cobertura do sinal não seja adequadamente realizada pela EB. Essas áreas podem corresponder a vales, túneis em rodovias, ou ferrovias, por exemplo. Repetidores de dados móveis são geralmente considerados para lidar com esse tipo de problema (ALI et al., 2004). Na estrutura do repetidor é necessária a presença de duas antenas: (a) a que recebe e transmite o sinal da EB, definida como antena coletora e (b) a que recebe e transmite o sinal do EU, definida como antena servidora. Os repetidores podem ser classificados em dois tipos (LEE et al., 2000): (1) de filtragem e (2) de transmissão.

Quanto à filtragem os repetidores podem ser (LEE et al., 2000): (1a) de banda larga; (1b) seletivos em banda e (1c) seletivos em canal, conforme ilustrado na Figura 1. O primeiro (1a) é de baixo custo, porém pode amplificar sinais diferentes dos transmitidos pela EB. Isso implica em aumento no nível de interferência, além do baixo ganho por canal e possível saturação do amplificador. O segundo (1b) apresenta problemas semelhantes ao primeiro (1a). No entanto, possibilita amplificação apenas da banda de frequência correspondente à EB, o que diminui a degradação da qualidade do sinal de outra operadora. Enquanto que o terceiro (1c) apresenta melhor desempenho pois seleciona apenas o sinal da EB, não realizando amplificação de canais que podem ser interferentes. Contudo, é pouco utilizado, em comparação com os outros dois, devido ao fato de que seu circuito é bastante complexo, comparando-se ao de uma EB.

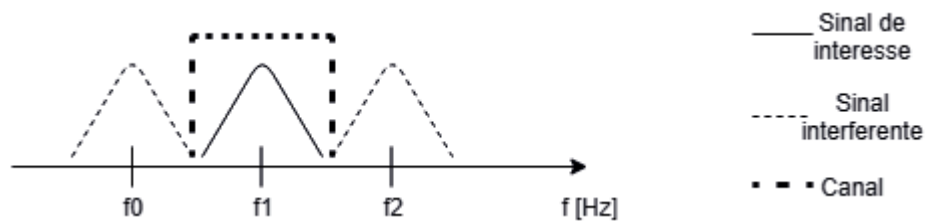
Quanto à transmissão, os sinais podem se propagar no repetidor utilizando, ou não, fibra óptica. Dessa forma, os repetidores podem transmitir (SCHULTZ, 2004): (2a) na frequência de transmissão e (2b) com deslocamento da frequência, conforme ilustrado na Figura 2. O primeiro (2a) pode aplicar qualquer um dos processos de filtragem descritos anteriormente, sendo conveniente para implementação em locais em que exista isolamento natural ou em coberturas de ambientes interiores. O isolamento natural ocorre quando não há interferência entre o sinal das antenas coletora e servidora, sem a existência de um circuito dedicado. O que problematiza sua aplicação é a difícil isolamento entre as antenas coletora e servidora pois estão dispostas no mesmo dispositivo. Se houver acoplamento entre elas, pode ocorrer limitação do ganho máximo. O ganho máximo é definido como o limite superior ao qual o repetidor eleva o sinal sem atingir a saturação do equipamento. Se o sinal estiver bastante atenuado pela propagação, considerando a limitação do ganho, é provável que a amplificação não seja o suficiente. O segundo (2b) possibilita o uso apenas com filtragem seletiva de canal. Seu funcionamento necessita de duas unidades: a unidade remota e a EB. A unidade remota faz o papel do repetidor, sendo responsável por converter a frequência do sinal em outra frequência, respectivamente. Isso acarreta em maiores custos por utilizar circuitos diferentes. No entanto, é possível obter ganhos maiores por reduzir o problema da isolamento.



(a) Repetidor de banda larga.



(b) Repetidor seletivo em banda.

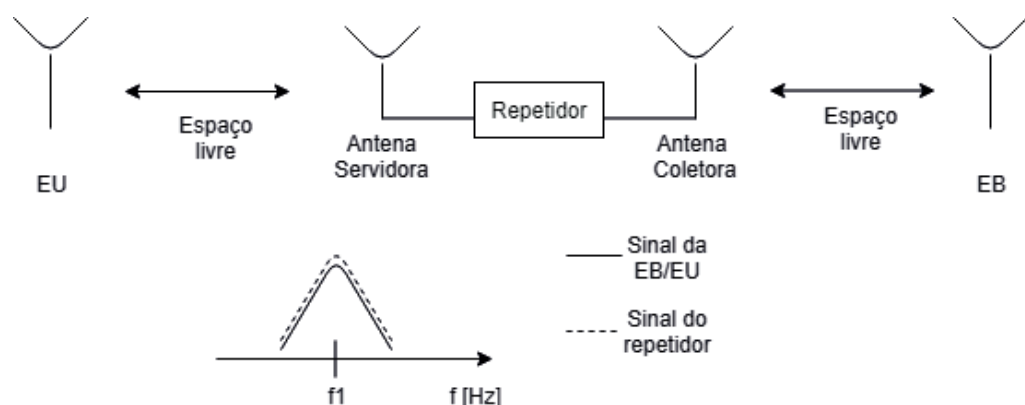


(c) Repetidor seletivo em canal.

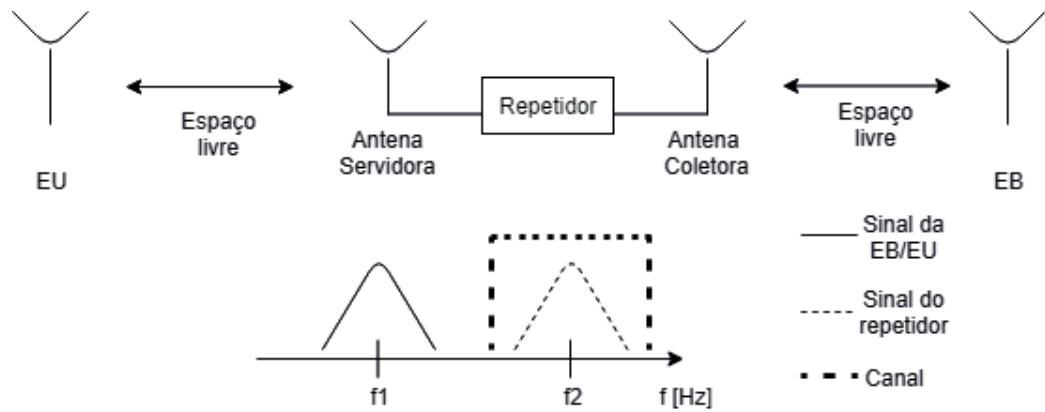
Figura 1. Tipos de repetidores de dados móveis quanto ao aspecto da filtragem: (a) repetidor de banda larga, (b) repetidor seletivo em banda e (c) repetidor seletivo em canal.

Para o caso de se utilizar fibra óptica no repetidor (SCHULTZ, 2004), conforme ilustrado na Figura 3, duas unidades (a remota e a central) são necessárias, podendo utilizar qualquer tipo de filtragem.

A utilização da fibra óptica no repetidor acarreta em perdas mais baixas na transmissão. Tem maior viabilidade para aplicação em ambientes internos pois as estações remotas podem ser espalhadas pelo ambiente sem que haja muita perda nos enlaces. Para utilização em ambientes externos, seu uso fica economicamente e operacionalmente complexo pois há necessidade da passagem da fibra óptica no ambiente externo, o que onera o projeto e aumenta o seu tempo de implantação.



Repetidor na frequência de transmissão.



Repetidor com deslocamento da frequência.

Figura 2. Tipos de repetidores de dados móveis quanto ao aspecto da transmissão sem utilizar fibra óptica: (a) repetidor na frequência de transmissão e (b) repetidor com deslocamento da frequência.

Com relação ao modo de operação, os repetidores devem operar de forma bidirecional para que haja efetividade no estabelecimento das conexões (LEE et al., 2000). Isso se deve ao fato de que é preciso existir comunicação da EB com o EU e vice-versa, de modo que a troca de dados possa ser estabelecida.

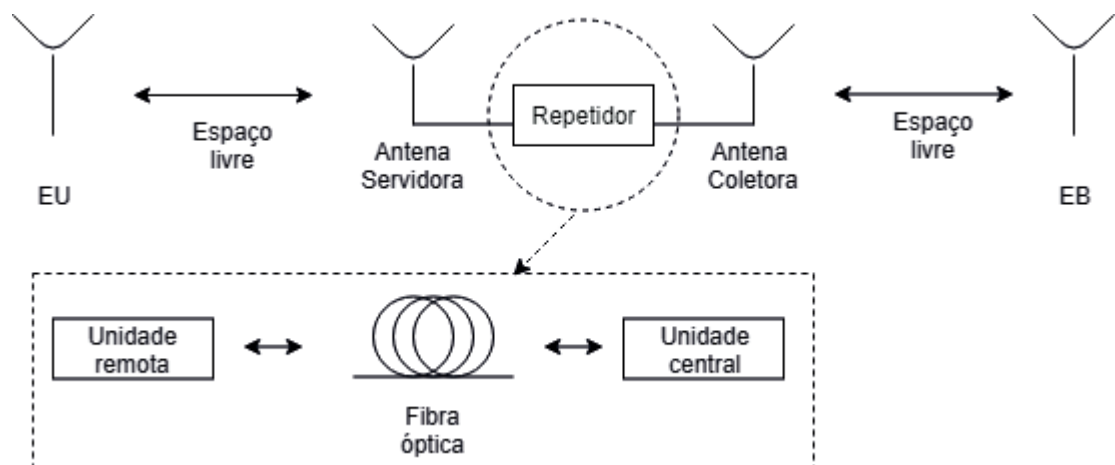


Figura 3. Tipos de repetidores de dados móveis quanto ao aspecto da transmissão utilizando fibra óptica.

### 3 | REVISÃO DA LITERATURA

Nesta seção, os estados da arte e da técnica são descritos, ambos referentes à utilização dos repetidores de dados móveis para comunicação móvel celular.

#### 3.1 Estado da Arte

Lee et al. (2000) consideraram um cenário de simulação envolvendo um ambiente de terreno plano. As métricas de avaliação de desempenho para o cenário considerado foram as seguintes: (a) área de cobertura, (b) capacidade do sistema, (c) ganho de processamento, definido como a razão entre a largura de banda transmitida

pela largura de banda da informação, (d) fator de atividade de voz, o qual foi modelado como uma variável multiplicativa com valores iguais a 0 ou a 1, em que 0 estava associado ao estado de silêncio, enquanto que 1 estava associado ao estado de fala, (e) relação sinal-ruído, (f) relação de interferência entre sinais, assim como (g) a potência recebida no EU. Lee et al. (2000) observaram que, para o caso de uma EB e um certo número de repetidores, a área de cobertura era ampliada e a capacidade da rede se mantinha sem alterações. Enquanto que, para várias EBs com alguns repetidores, além de aumentar a área de cobertura, a capacidade da rede também aumentava.

Ali et al. (2004) analisaram o desempenho dos repetidores por meio da conexão entre o EU e a EB (*uplink*). Foram analisados dois cenários de atuação do repetidor por meio de simulações, tais como: (1) o impacto da transmissão considerando áreas de sombra e (2) a ampliação da área de cobertura da EB. No primeiro, o EU não recebia nenhum tipo de sinal devido aos obstáculos presentes ao longo de sua propagação, enquanto que, no segundo, não havia obstáculos entre o EU e a EB, de modo que a EB poderia receber o sinal tanto do EU quanto do repetidor. Desse modo, a EB recebia o sinal resultante do EU e do repetidor com diferentes atrasos. Para análise dos dois cenários de simulação, foram utilizados: (a) a taxa de erro por bit (BER – *Bit Error Rate*), considerando a presença do ruído gaussiano branco (AWGN – *Additive White Gaussian Noise*) e múltiplos percursos de canais com desvanecimento Rayleigh, (b) a área de cobertura, (c) a capacidade do sistema, (d) o atraso de propagação e (e) o custo. Algumas considerações foram feitas para as simulações, tais como: o repetidor e o EU usavam a mesma codificação de canal e havia uma perfeita isolação entre as antenas do repetidor. As taxas de transmissão utilizadas foram 144 kbps e 384 kbps. Foram considerados ainda os seguintes formatos de modulação: deslocamento binário de fase (BPSK – *Binary Phase Shift Keyed*) e deslocamento de fase em quadratura (QPSK – *Quadrature Phase Shift Keyed*). Por fim, com os resultados obtidos, Ali et al. (2004) concluíram que os repetidores forneciam sinal de RF de boa confiabilidade nesses casos, particularmente com baixas taxas de transmissão, sendo robustos para os casos em que o EU estava em movimento, além de atenderem à área de cobertura de locais com sinais de RF com baixa taxa de transmissão de forma rápida e efetiva, em termos de custo.

Hiltunen (2006) realizou simulações para analisar o impacto na implementação de um repetidor em um edifício. Os parâmetros de avaliação foram os seguintes: (a) a área de cobertura, (b) o ganho de processamento e (c) a capacidade do sistema. Os resultados das simulações mostraram que a implementação do repetidor aumentava a cobertura no edifício. Além disso, a capacidade do sistema foi consideravelmente ampliada quando comparada ao cenário de cobertura sem a utilização do repetidor de dados móveis.

Lähdekorpi et al. (2010) analisaram: (a) a área de cobertura e (b) a relação de interferência entre sinais com relação à eficiência da rede móvel celular em termos



de repetidores utilizados. Dessa forma, compararam diferentes configurações de repetidores por meio de simulações e medições. Para realização do comparativo, foram considerados os seguintes aspectos: (a) o tipo de antena coletora, (b) a inclinação da antena coletora e (c) a localização do repetidor. Por meio de simulações, mostrou-se como a largura do feixe da antena coletora impactava a área de implantação do repetidor. Como exemplo, obteve-se um aumento de 57% na área de cobertura quando a largura do feixe horizontal da antena coletora diminuiu de 65° para 33°, considerando uma rede hexagonal ideal. Com relação à interferência entre sinais, Lähdekorpi et al. (2010) mostraram que, se os repetidores fossem utilizados em todas as células da rede móvel celular, verificar-se-ia uma maior robustez da rede móvel celular. No entanto, considerando um número reduzido de repetidores, o uso de repetidores tornou possível utilizar ângulos de inclinação da antena servidora mais elevados em comparação com os valores ideais sem redução nos valores das interferências entre sinais.

Nascimento (2012) descreveu que seria possível economizar, em termos financeiros e energéticos, com a substituição de uma EB, completamente rodeada por outras estações, por um número de repetidores compreendido entre 1 e 9. No cenário de simulação analisado, foram consideradas: (a) a área de cobertura e (b) a capacidade da rede, utilizando modelos distintos de propagação.

Sharma et al. (2015) propuseram um repetidor que detectava canais ativos no espectro de frequência atribuído à transmissão do sinal. Esse dispositivo permitia também que o processo de amplificação fosse realizado de acordo com a potência recebida do sinal. Para realizar essa verificação no espectro, fez-se uso da técnica de sensoriamento espectral (SS – *Spectrum Sensing*) (BRAGA et al., 2016), cujo principal objetivo é de encontrar disponibilidade espectral de forma dinâmica de modo a se alocar um usuário secundário (SU – *Secondary User*), maximizando assim a eficiência espectral. Os parâmetros de avaliação de desempenho considerados foram: (a) as eventuais perdas no caminho entre a EB e o EU e vice-versa, (b) a potência recebida do sinal, (c) a potência recebida do ruído e (d) a potência do sinal interferente no EU. Os resultados das simulações mostraram até 13% de melhoria na taxa de transferência para o conjunto de parâmetros considerados. Além disso, observou-se que a capacidade do sistema dependia da ocupação dinâmica dos canais e dos erros SS que poderiam ocorrer durante o processo de detecção.

A tabela 1 apresenta um resumo das métricas de avaliação de desempenho utilizadas na literatura com relação aos repetidores de dados móveis.

Métricas de Desempenho	LEE et al. (2000)	ALI et al. (2004)	HILTUNEN (2006)	LÄHDEKORPI et al. (2010)	NASCIMENTO (2012)	SHARMA et al. (2015)
Antena coletora	-	-	-	X	-	-
Área de cobertura	X	X	X	X	X	-
Atraso de propagação	-	X	-	-	-	-
Capacidade do sistema	X	X	X	-	X	-
Custo	-	X	-	-	-	-
Fator de atividade de voz	X	-	-	-	-	-
Ganho de processamento	X	-	X	-	-	-
Inclinação da antena servidora	-	-	-	X	-	-
Localização do repetidor	-	-	-	X	-	-
Potência recebida	X	-	-	-	-	X
Relação de interferência entre sinais	X	-	-	X	-	X
Relação sinal-ruído	X	-	-	-	-	X
Taxa de erro por bit	-	X	-	-	-	-

Tabela 1. Métricas de avaliação de desempenho dos repetidores de dados móveis utilizadas na literatura.

### 3.2 Estado da Técnica

Martin (2015) apresentou um sistema repetidor para estender a cobertura do sinal de RF para comunicação móvel celular. Esse sistema incluía: (1) uma antena, que captava o sinal na banda de frequência da portadora para transmitir e receber sinais de RF de uma EB, (2) outra antena, que compreendia a banda de frequência necessária para transmissão direta do sinal de RF entre os repetidores e o EU e (3) o sistema do repetidor, que trabalhava com esses sinais de RF para serem transmitidos em ambos os sentidos (*uplink* e *downlink*).

Wilson et al. (2010) descreveram um circuito de amplificação. O circuito incluía: (a) um módulo de ganho variável, tendo a entrada configurada para receber o sinal de *uplink* de um EU, (b) um detector de potência e (c) um módulo de controle de ganho. Todos configurados para limitar a saída do módulo de ganho variável de modo que o nível de potência do *uplink* não excedesse um limite predeterminado.

Barros et al. (2012) apresentaram um repetidor na frequência de operação de WiMAX que possibilitava contornar os problemas causados pela perda da linha de visada (LOS – *Light of Vision*) entre a EB e os EUs. O dispositivo utilizou o conceito de realimentação com o objetivo de minimizar o impacto dos múltiplos percursos do sinal (ecos e oscilações) na retransmissão. No entanto, desperdiçava-se um canal e limitava-se o reuso de frequência do sistema. Essa proposta demandava um alto custo computacional para processamento de dados, exigindo um circuito complexo, o que refletia no custo financeiro de implementação do circuito.

Proctor et al. (2012) abordaram sistemas de transmissão duplex por divisão de frequência (FDD – *Frequency Division Duplex*) em redes que forneciam serviço sem fio em diversas bandas de frequência. Propuseram transmissão do sinal em ambas

as direções de *downlink* e *uplink*, utilizando cabos já existentes no local de instalação. Caso o local de instalação ainda não possuísse cabos instalados, sugeriria-se utilizar condutores de simples conexões que facilitassem o manuseio (por exemplo, cabos de televisão). Os sinais poderiam ser transmitidos na frequência de transmissão ou em uma frequência intermediária. No caso de ser utilizada uma frequência intermediária, um sinal de referência, gerado por meio de um oscilador local, seria gerado juntamente com o sinal baseado na frequência intermediária. Desse modo, os sinais seriam transmitidos entre as unidades mestre e escravo utilizando um protocolo de comunicação.

Na descrição do sistema, previa-se que a unidade mestre estivesse acoplada à antena coletora para uma maior cobertura sem fio. Como era proposto utilizar os cabos já existentes do local de instalação, um filtro passa faixa era utilizado para separar o sinal da TV do sinal sem fio que seria repetido. Não sendo possível evitar que sinais de outras EBs alcancem o repetidor, em sistemas que utilizam acesso múltiplo por divisão de código (CDMA - *Code Division Multiple Access*) acontece o *soft handoff*. *Soft handoff* é um processo pelo qual sinais de mais de uma EB são recebidos ao mesmo tempo e, quando o nível de potência da EB fornecedora do sinal estiver abaixo de um limite pré-definido, há uma troca, imperceptível ao EU, de qual EB está fornecendo sinal a ele. Como os repetidores possuem detector de potência, eles irão retransmitir apenas o sinal que estiver dentro da faixa esperada de potência, sem repassar ao EU os sinais das EBs adjacentes.

Proctor et al. (2014) apresentaram como devem ser realizadas as configurações de um repetidor. Primeiramente, seria necessário ter um isolamento entre as antenas servidora e coletora. Esse isolamento seria obtido, geralmente, por separação física, padrões de antena ou polarização. Ademais, o ganho do dispositivo não poderia ultrapassar níveis de potência que mantivessem esse isolamento de modo a não resultar em oscilações do sinal no repetidor. Utilizaram ainda uma métrica de qualidade de sinal e outra de isolamento associadas com o desempenho de uma antena de recepção e transmissão, utilizada pelo repetidor, de modo que o conjunto de frequências a serem filtradas e repetidas poderia ser adaptado em tempo real.

A tabela 2 apresenta um resumo das principais contribuições das patentes referentes aos repetidores de dados móveis.

#### 4 | RÁDIO DEFINIDO POR SOFTWARE

Anand et al. (2012) descreveram como poderia ser implementada uma rede local de baixo custo para comunicação celular que se conectava com a *internet* já existente na região. A rede local foi projetada com uma arquitetura modular e facilmente extensível. As EBs da rede local eram compostas por um rádio definido por *software* (RDS) controlado por computador executando o *OpenBTS*. Por meio do RDS, o *OpenBTS* gerenciava o uso das bandas de frequência na faixa de GSM

para completar chamadas e permitir serviço de troca de mensagens (SMS – *Short Messaging Service*) na rede local. Para implementar o protótipo descrito, foram utilizados equipamentos do tipo USRP que serviram como EBs. Nessa implementação, as EBs operaram na frequência de 900 MHz e nenhum sistema de amplificação de sinal na saída dos RDSs foi utilizado, o que restringiu a área de cobertura do sinal da rede somente ao interior do laboratório, onde os equipamentos estavam localizados. No laboratório, foram realizados testes com diferentes modelos de aparelhos de telefonia móvel celular. Nesses testes também foi verificada a taxa de transferência de dados das conexões do tipo voz sobre IP (VoIP). Ao final da análise foi verificado que as redes apresentavam uma perda de pacotes de apenas 1,4%, quando o tolerável considerado foi de uma perda de até 10%.

Contribuição	WILSON et al. (2010)	BARROS et al. (2012)	PROCTOR et al. (2012)	PROCTOR et al. (2014)	MARTIN (2015)
Configurações do equipamento	-	-	-	X	-
Função de cancelamento de eco	-	X	-	-	-
Limite de amplificação da potência	X	-	-	-	-
Sistema repetidor bidirecional	-	-	-	-	X
<i>Soft handoff</i>	-	-	X	-	-

Tabela 2. Principais contribuições das patentes referentes aos repetidores de dados móveis.

Kapekov (2012) publicou um artigo sobre o funcionamento básico de um RDS, descrevendo desde os fatores limitantes que devem ser levados em conta na elaboração do projeto, bem como ilustrando suas vantagens na realização de pesquisas. Kapekov (2012) também descreveu um projeto disponível à comunidade científica (*open-hardware*), possuindo um custo de produção relativamente baixo quando comparado aos demais equipamentos (*hardwares*) disponíveis no mercado, oferecendo suporte a *softwares* de código aberto (*softwares open-source*), por exemplo: *OpenBTS* e *GNUradio*, apresentando diversas funcionalidades, dentre elas, controle de RDSs.

Stewart et al. (2015) apresentaram um RDS com baixo custo, aproximadamente 20 dólares. O dispositivo tinha como objetivo a conexão com computadores pessoais via USB 2.0, tornando possível, através de *drivers*, uma interface direta com o MatLAB, assim como com suas ferramentas, por exemplo, o *Simulink*. Dentro da gama de frequências que o dispositivo trabalhava estão as seguintes faixas de frequência: (1) FM, (2) ISM, (3) GSM, (4) 3G, (5) LTE e (6) GPS. A tabela 3 apresenta as principais características das implementações de rádio definido por *software*, no contexto de repetidores de dados móveis, disponíveis na literatura.

Características	ANAND et al. (2012)	KAPENKOV (2012)	STEWART et al. (2015)
Implementação de redes de repetidores	X	X	-
Integração com MatLAB	-	-	X
Open source	X	X	X

Tabela 3. Principais características das implementações de rádio definido por *software*, no contexto de repetidores de dados móveis, disponíveis na literatura.

## 5 | CONCLUSÕES

A contribuição deste capítulo foi de apresentar um tutorial sobre os repetidores de dados móveis, incluindo os estados da arte e da técnica e, conseqüentemente, discutir sua implementação e usabilidade em comunidades com dificuldades no estabelecimento da comunicação móvel celular. Além disso, foi discutido também como a tecnologia de rádio definido por *software* vem sendo utilizada na literatura para que os repetidores de dados móveis possam ser utilizados de modo a aumentar a cobertura e a capacidade da rede de comunicação móvel celular.

## REFERÊNCIAS

- ALI, A. H. et al. The performance of repeaters in UMTS networks. In: **Proceedings of the IEEE Mediterranean Electrotechnical Conference**, 2004. p. 465-468.
- ANAND, A. et al. VillageCell: Cost effective cellular connectivity in rural areas. In: **Proceedings of the International Conference on Information and Communication Technologies and Development**. ACM, 2012. p. 180-189.
- BARROS, A. D. S. et al. **Método para Mitigação de Realimentações de Sinal em Repetidor Isofrequencial com Duplexação TDD**. BR Patente PI 1 001 895-6 A2, 27 março. 2012.
- BRAGA, A. J. et al. Continuous spectrum sensing and transmission in MIMO cognitive radio network. **IEEE Latin America Transactions**, v. 14, n. 6, p. 2605-2610, 2016.
- BURIOL, L. et al. Otimizando o roteamento do tráfego na internet. **XXXV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional**, p. 1722-1732, 2003.
- CORRÊA, F. A. M. et al. Impacto da implantação de uma *small cell* em uma região altamente congestionada. **XIV CEEL**, p. 1-6, 2016. ISSN 2178-8308.
- FARIA, D. R. M., **Repetidor de Sinais da Telefonia Móvel Celular em Faixa Larga**, BR. Patente MU 9 002 156-8 U2, 10 novembro. 2010.
- HILTUNEN, K. Using RF repeaters to improve WCDMA HSDPA coverage and capacity inside buildings. In: **IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications**, 2006. p. 1-5.
- KAPENKOV, A. Open source software defined radio. In: **IV International Conference “Problems of Cybernetics and Informatics”**, Baku-Azerbaijan. 2012.
- LÄHDEKORPI, P. et al. Implementation aspects of RF-repeaters in cellular networks. In: **IEEE**

**International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications**, 2010. p. 2511-2516.

LEE, W. C. et al. The impact of repeaters on CDMA system performance. In: **IEEE Vehicular Technology Conference**, 2000. p. 1763-1767.

MARTIN, A. C. **Repeater system for extended cell coverage**. U.S. Patent n. 9,002,260, 7 abril. 2015.

NASCIMENTO, J. M. P. **Avaliação do impacto energético resultante da utilização de repetidores em sistema LTE**. 2012. Tese de Doutorado. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa. Instituto Politécnica de Lisboa.

PROCTOR, J. A. et al. **Repetidor Sem Fio com Configuração Mestre/Escravo**. BR. Patente PI 0 712 668-9 A2,04 setembro. 2012.

PROCTOR, J. A. et al. **Configuração de um Repetidor**, BR. Patente PI0808538-2 A2, 26 agosto. 2014.

SCHULTZ, L. R. K. **Estudo das alternativas de comunicação para a população da região rural do interior do Estado do Paraná**. 2004. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica. Universidade Federal do Paraná.

SHARMA, S. K. et al. Repeater for 5G wireless: A complementary contender for spectrum sensing intelligence. In: **IEEE International Conference on Communications**, 2015. p. 1416-1421.

STEWART, J. N. **Cell phone/internet communication system for RF isolated areas**. U.S. Patent n. 8,326,156, 4 dezembro. 2012.

STEWART, R. W. et al. A low-cost desktop software defined radio design environment using MATLAB, simulink, and the RTL-SDR. **IEEE Communications Magazine**, v. 53, n. 9, p. 64-71, 2015.

WILSON, J. W. et al. **Cellular network amplifier with automated output power control**. U.S. Patent n. 7,783,318, 24 agosto. 2010.

## **SOBRE O ORGANIZADOR**

**Helenton Carlos da Silva** - Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (2007), especialização em Gestão Ambiental e Desenvolvimento Sustentável pelo Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais (2010) é MBA em Engenharia Urbana pelo Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais (2014), é Mestre em Engenharia Sanitária e Ambiental na Universidade Estadual de Ponta Grossa (2016), doutorando em Engenharia e Ciência dos Materiais pela Universidade Estadual de Ponta Grossa e pós-graduando em Engenharia e Segurança do Trabalho. A linha de pesquisa traçada na formação refere-se à área ambiental, com foco em desenvolvimento sem deixar de lado a preocupação com o meio ambiente, buscando a inovação em todos os seus projetos. Atualmente é Engenheiro Civil autônomo e professor universitário. Atuou como coordenador de curso de Engenharia Civil e Engenharia Mecânica. Tem experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em projetos e acompanhamento de obras, planejamento urbano e fiscalização de obras, gestão de contratos e convênios, e como professor na graduação atua nas seguintes áreas: Instalações Elétricas, Instalações Prediais, Construção Civil, Energia, Sustentabilidade na Construção Civil, Planejamento Urbano, Desenho Técnico, Construções Rurais, Mecânica dos Solos, Gestão Ambiental e Ergonomia e Segurança do Trabalho. Como professor de pós-graduação atua na área de gerência de riscos e gerência de projetos.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Alto forno 105, 108

### B

Bancada didática 120, 123, 129, 273, 274, 277, 281, 282

### C

Cartografia 131

Casca de arroz 131, 133, 135, 136, 137, 138, 139, 140

Cidades Inteligentes (CI) 1, 5, 7, 8

Comissionamento das unidades hidrelétricas 157, 165, 167

Concentrador solar 170

Conscientização ambiental 93

CPC 170, 171, 172, 175, 176

### D

Dimensionamento 170, 171, 175, 176, 193

### E

Educação ambiental 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104

Educação na escola 93

Energia solar 170, 171, 186, 187, 228, 233

Engenheiro de produção 53, 54, 55, 58, 59, 61, 62, 63, 64

Ensino universitário 13

Ergonomia 26, 27, 28, 35, 40, 41, 42, 51, 52, 58, 295

Estilo de liderança 53, 54, 55, 57, 58, 60, 61, 62, 63, 64

### F

Fenômenos organizacionais 80

Função de produção hidrelétrica 160, 169

### G

Gerador síncrono isolado 143

Governança corporativa 80, 82, 88, 89, 90, 91

### I

Índice de aproveitamento 13

Indústria 4.0 120, 122, 123, 125, 126, 128, 129, 130

Inovação 3, 6, 7, 8, 57, 66, 67, 68, 73, 74, 75, 77, 78, 79, 281, 295

(Inter) Multidisciplinaridade 1, 2, 9



## L

Liderança 38, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 60, 61, 62, 63, 64, 65

## M

Método de Suzanne Rodgers 26, 28, 29, 34

Métodologias ativas 13

Método OWAS 26, 42, 44, 45, 50, 51

Microcontrolador PIC 143

Miniusinas 131, 139

## O

Óptica 170, 175, 264, 265, 266, 268, 282, 285, 286, 287

## P

Plano diretor 1

Política industrial 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 75, 76, 77, 78, 79

Política pública 66

Prevenção a acidentes 105

Programação não-linear inteira-mista 157, 158, 162

Projetos urbanos 1

## Q

Questionário nórdico 26, 30, 34, 37

## R

Regulador automático de tensão 143, 144, 145, 149, 150

Responsabilidade social 58, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 89, 90, 91, 200

## S

Saúde do colaborador 26

Segurança do trabalho 38, 40, 52, 58, 295

Sistema de excitação 143, 145

Sistemas hidrelétricos 120, 121, 123, 124, 129, 130, 157

Sustentabilidade 7, 10, 58, 71, 80, 82, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 104, 295

## T

Tecnologia da informação e comunicação (TIC) 1, 2, 3, 12

Temas transversais 93, 96, 98, 103, 127

Temperatura 36, 37, 105, 106, 107, 108, 109, 112, 116, 117, 118, 143, 147, 170, 172, 173, 174, 175, 179, 218, 220, 225, 226, 227, 229, 230, 231, 232, 233, 238, 282

## V

Vigilância 40, 45, 47, 50

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-697-3



9 788572 476973