

# Aplicação de Técnicas de Visualização de Informação para Seleção Unidades Consumidoras para Telemedição

Daniel de Oliveira Ferreira\*. Alan Petrónio Pinheiro\*\*. Felipe Augusto\*\*\*. Leandro José Duarte\*\*\*\*. Willian Douglas Caixeta Nunes\*\*\*\*\*.

\*Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, (e-mail: danieldeoliveira1995@ gmail.com).

\*\*Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, (e-mail: alanpetronio@ufu.br).

\*\*\*Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, (e-mail: felipe.amc@outlook.com).

\*\*\*\*Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, (e-mail: leandro.duarte@ufu.br).

\*\*\*\*\*Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, (e-mail: willian\_douglas\_nunes@outlook.com).

**Abstract:** This paper presents the implementation and application of an information visualization tool to select consumer units with an adequate profile for monitoring, aiming at the implementation of a monitoring system in partnership with Companhia Energética de Brasília (CEB). For this, criteria were established and parameters of the units were evaluated, also considering aspects of the telemetering system to be implemented. The proposed tool was implemented using D3.js library, and can be used to perform other analyzes, in several decision-making processes in the electricity sector, since it facilitates the visualization of large volumes of data, using controls, filters and dynamic interactions. It is important to note that professionals in the field can use the tool, which allows a combination of professionals' technical knowledge and cognitive reasoning, with the processing capacity of computers.

**Resumo:** Este trabalho apresenta a implementação e aplicação de uma ferramenta de visualização da informação para selecionar unidades consumidoras com perfil adequado à monitoração, visando à implantação de um sistema de monitoramento em parceria com Companhia Energética de Brasília (CEB). Para isso, foram estabelecidos critérios e avaliados parâmetros das unidades, considerando também aspectos do sistema de telemedição a ser implantado. A ferramenta proposta foi implementada com auxílio da biblioteca D3.js, e pode ser utilizada para realizar outras análises, em diversos processos de tomada de decisão no setor elétrico, uma vez que facilita a visualização de grandes volumes de dados, por meio de controles, filtros e interações dinâmicas. É importante destacar que os próprios profissionais da área podem utilizar a ferramenta, o que permite uma combinação do saber técnico e do raciocínio cognitivo dos profissionais, com a capacidade de processamento dos computadores.

**Keywords:** Telemetering; Information Visualization; Consumer Units; Outliers, Data Analysis.

**Palavras-chaves:** Telemedição; Visualização da Informação; Unidades Consumidoras; *Outliers*; Análise de dados.

## 1. INTRODUÇÃO

A utilização de telemedição por distribuidoras de energia elétrica é, há anos, alvo de diversos estudos (Rosa, Alberto and Sousa, 2008, p. 2). Dentre as principais vantagens obtidas com a implantação de sistemas de monitoração e medição autônomos, pode-se citar a redução de perdas não-técnicas, relacionadas à furtos e fraudes por exemplo, aumento da disponibilidade e confiabilidade do fornecimento de energia elétrica (Luz and Souza, 2016, p. 3), facilitar a medição em áreas de risco ou difícil acesso (Nagamine, 2011, p. 23 e 61), e redução de custos com medição manual (Rosa, Alberto and Sousa, 2008, p. 2). É importante destacar que tais benefícios afetam positivamente diversos envolvidos: a diminuição de perdas não-técnicas, por exemplo, é interessante para a distribuidora, mas também é benéfica para todos os clientes em situação regular, uma vez que o volume de perdas é um dos

fatores que afetam o valor das tarifas pagas pela população (Nagamine, 2011, p. 17).

Apesar de ser abordada em diversos estudos e ter atingido certo grau de maturidade, a telemedição de energia elétrica ainda não foi amplamente popularizada. Além disso, sua utilização para clientes do grupo B ainda se encontra restrita (Luz and Souza, 2016, p. 1-2). A ampla utilização da telemedição, sobretudo para as unidades consumidoras do grupo B, encontra obstáculos nos custos das tecnologias de comunicação comumente utilizadas, como GSM/GPRS (Rosa, Alberto and Sousa, 2008, p. 3). É interessante notar que outras tecnologias foram empregadas para a transmissão de dados nestes sistemas, como a Power Line Communication (PLC), utilizada por Luz and Souza (2016, p. 2).

Com os recentes avanços em tecnologias relacionadas à Internet das coisas (IoT), novas alternativas foram propostas para a comunicação entre dispositivos. Dentre elas, pode-se

citar a tecnologia LoRa, que permite cobrir grandes áreas com baixo consumo (Haxhibeqiri et al., 2018, p. 1) e sem os custos interruptos de tecnologias como GSM/GPRS e LTE. Desta forma, tal tecnologia tem características atrativas para sistemas de telemedição e monitoramento de rede elétrica.

Além da tecnologia utilizada para comunicação, outro fator importante para o sucesso na implantação de sistemas de telemedição é a escolha adequada dos dispositivos e unidades consumidoras (UCs) a serem monitoradas. Normalmente, em fases de prototipação e testes, um pequeno número de clientes é monitorado, e as vantagens percebidas nestas etapas são base para justificar a expansão do sistema de telemedição.

Para proporcionar a diminuição de perdas não-técnicas, é interessante analisar o consumo de energia elétrica e outras características das unidades consumidoras, como carga instalada e grupo tarifário. No que se refere à confiabilidade e à disponibilidade do fornecimento de energia elétrica, é interessante analisar os índices DIC e FIC das unidades consumidoras. Áreas com baixos índices podem ser boas candidatas à monitoração, visando rápida identificação e solução dos problemas que ocasionem falta de energia, além de diminuir as violações aos limites de tais índices, diminuindo assim o pagamento de compensações aos clientes devido à falta de energia, e otimizando o faturamento da concessionária.

Neste sentido, o presente trabalho apresenta métodos de visualização de informação utilizados para selecionar unidades consumidoras com perfil conveniente à telemedição e ao monitoramento. Esta análise visa direcionar a implantação de um sistema que utiliza a tecnologia LoRa como meio de comunicação, e está sendo desenvolvido em parceria com a Companhia Energética de Brasília (CEB). Além dos atributos das UCs, considerou-se a expectativa de cobertura do sistema LoRa.

Como principal resultado, obteve-se uma ferramenta de visualização que auxilia na escolha das UCs e, além disso, pode ser utilizada para análises com diferentes propósitos, uma vez que facilita a identificação de tendências e *outliers* genericamente, isto é, não só para dados de unidades consumidoras. Apresentam-se também, algumas análises realizadas para a seleção das unidades, verificando dessa maneira, a utilidade da ferramenta.

Dado o grande volume de dados analisados e as visualizações obtidas, conclui-se que a utilização de métodos de visualização otimiza a obtenção de informações para nortear investimentos no sistema de telemedição, e que tais métodos podem ser úteis em tomadas de decisão em diversas áreas do setor elétrico.

## 2. CONTEXTO E REQUISITOS

### 2.1 Lora® e Lorawan®™

O termo LoRa está relacionado a duas tecnologias distintas, frequentemente utilizadas simultaneamente: à modulação LoRa, baseada na tecnologia CHIRP Spread Spectrum (CSS) e que é propriedade da empresa Semtech, e ao LoRaWAN, protocolo de controle de acesso ao meio (MAC) que é um padrão aberto mantido pela LoRa Alliance (SOARES, 2019, p. 23-25). O sistema de telemedição a ser implementado, para o qual as técnicas de visualização de informação apresentadas

são usadas para selecionar as unidades consumidoras a serem monitoradas, utiliza ambas as tecnologias: LoRa e LoRaWAN.

Uma arquitetura típica de uma rede LoRa consiste numa topologia de estrelas, em que os dispositivos são conectados aos *gateways*, também chamados de concentradores, que por sua vez, são conectados a um servidor. A comunicação entre os dispositivos nós e os *gateways* é feita por meio de comunicação sem fio LoRa, enquanto a comunicação entre os *gateways* e o servidor é feita por meio de uma tecnologia IP, utilizando satélites, telefonia celular, links ópticos e outros. Esta configuração foi escolhida por permitir comunicação de longo alcance e com alta imunidade a ruídos, além de não gerar custos com taxas mensais.

### 2.2 Considerações para a análise

Para a análise das unidades a serem monitoradas, é importante considerar a distância das mesmas até os *gateways*. Considerando a taxa de entrega de pacotes de 95,5% em um ambiente urbano, para distâncias de cerca de 2 km, encontradas por Wixted et al. (2016, p. 3), e a taxa de perda de pacotes de 15% para distâncias entre 2 e 5 km relatadas por Petajajarvi et al. (2015, p. 57), adotou-se como critério inicial de seleção, uma distância máxima de 5 km das possíveis localizações dos concentradores.

Tais localizações consistem em 31 pontos cuja infraestrutura atual favorecem a implantação dos *gateways*. Apenas três destes pontos serão selecionados para implantação dos concentradores, remetendo-se assim, a mais um cenário passível de análise, sendo interessante conseguir visualizar características das unidades que podem ser monitoradas por *gateways* em cada uma destas localizações.

### 2.3 Métodos de Visualização

Nas últimas décadas, a quantidade de dados produzidos e armazenados aumentou expressivamente, e desta forma, analisar este volume de informações vem se tornando cada vez mais desafiador (Keim, 2002, p. 1). Neste cenário, surgem as ferramentas de visualização de informação, que consistem em representações visuais interativas de dados abstratos, a fim de ampliar a cognição. Seja para extrair informações visando otimização ou reconhecimento de padrões, por exemplo, ou simplesmente para a monitoração de algum processo, a aplicação de tais ferramentas possibilita rápida assimilação, reduz a busca por informações, além de permitir um controle mais eficiente e sobre um volume maior de dados (Card, Mackinlay and Shneiderman, 1999, p. 637).

Diferentes técnicas podem ser utilizadas para analisar grandes volumes de dados. Para dados com muitos atributos, podem ser utilizadas técnicas de redução de dimensionalidade. No que se refere a técnicas de visualização, temos coordenadas paralelas (Inselberg, 1985, p. 69-91), visualizações radiais como o Radviz (Hoffman et al, p. 2-4), e *treemaps* (Johnson and Shneiderman, 1991), como exemplos de visualizações clássicas. Há na literatura, inúmeros exemplos propostos, e a citação dos mesmos ou de suas categorias foge do escopo deste trabalho. No entanto, é válido observar que algumas visualizações possuem finalidades específicas. *Treemaps*, por

exemplo, são indicadas para representar dados com natureza hierárquica.

Além de implementar novas visualizações, pesquisadores buscam otimizar os modelos já propostos, desenvolvendo, por exemplo, novas formas de interações e animações. Avaliar o desempenho das visualizações também é um passo importante, uma vez que permite selecionar as melhores para cada aplicação. Behrisch et al (2018, p. 9-28) avaliam diversas técnicas para tarefas de agrupamento, visualização de correlação, tendências e *outliers*.

### 3. INTERFACE DE VISUALIZAÇÃO

Neste trabalho, utilizou-se uma visualização em *boxplot*, com diversas interações e filtros. Este *boxplot* foi desenvolvido para permitir a análise de tendências e *outliers*, utilizando a biblioteca D3.js (Bostock, 2019). É interessante destacar que este permite ver comportamentos de maneira “global” e “local”, ao mesmo tempo, e compará-los.

Ressalta-se que frequentemente *boxplots* são utilizados para comparar subgrupos simultaneamente, como feito por Thirumalai, Vignesh e Balaji (2017). No entanto, no presente trabalho, os dados são analisados como um grande grupo, de maneira a permitir análises locais, isto é, observar as unidades individualmente, com o devido foco quando necessário. O uso do *boxplot* se justifica para guiar o usuário no que se refere à dimensão dos valores, isto é, na percepção do que é pequeno ou grande no conjunto de dados.

Ao visualizar os dados das unidades consumidoras, por exemplo, pode-se observar que as unidades que possuem carga instalada maior, tendem a ter um consumo de energia elétrica maior. Isto pode ser visto na Fig. 1, onde os círculos em laranja, com bordas em destaque, representam UCs com carga instalada maior que 20 kW. A escala do layout na figura abaixo é logarítmica.

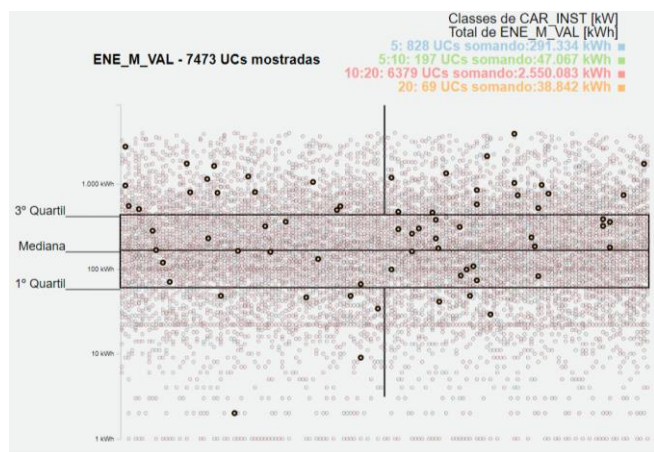


Fig. 1 *Layout boxplot*: energia consumida (posição) x carga instala (cores).

No entanto, algumas unidades desta categoria de carga instalada fogem do padrão, apresentando baixo consumo de energia elétrica, o que pode ser visto, em detalhe, na Fig. 2. Nestas condições, estas UCs foram consideradas *outliers*.

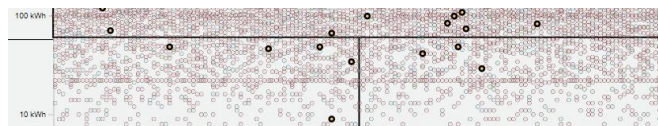


Fig. 2 Unidades consumidoras com consumo abaixo de 100 kWh.

Visto que todos os elementos são sempre visualizados individualmente, isto é, não apenas os elementos que ultrapassam os *whiskers*, classicamente considerados *outliers*, é importante destacar que a análise feita no presente trabalho considera os elementos do *boxplot* apenas como guias, e não como determinantes para a classificação dos elementos visualizados. Deste modo, para considerar um elemento como *outlier*, analisa-se também os outros elementos visualizados, as categorias de cores e informações técnicas, agregando recursos da ferramenta e conhecimentos dos usuários.

Além de implementar a visualização, os dados tiveram que ser preparados e filtrados. Foram geradas tabelas em formato csv e arquivos json. Ao todo, estavam disponíveis mais de um milhão de instâncias de dados, representando unidades consumidoras. Pelo fato de que este volume de dados não é adequado para a visualização proposta e, principalmente, porque nem todas as unidades estão no escopo de análise do trabalho, aplicou-se alguns filtros aos dados, diminuindo consideravelmente a quantidade de dados visualizada simultaneamente.

A Fig. 3 apresenta os elementos de controle disponíveis na interface gráfica. Destaca-se entre eles, o filtro que permite a seleção das unidades dentro do raio de cobertura aproximado de uma torre, isto é, possível localização de um gateway. Além disso, filtros que permitem a seleção de atributos e intervalos dão flexibilidade de análise. Pode-se, por exemplo, filtrar as unidades consumidoras que tem consumo entre 50 kW e 1000 kW, ou criar uma legenda de cores para diferentes intervalos de carga instalada.



Fig. 3 Filtros da interface.

A cor atribuída aos elementos do gráfico é aplicada dinamicamente. No caso de atributos numéricos, como o consumo de energia, carga instalada ou indicadores DIC e FIC, é possível escolher faixas de valores, criando as categorias com diferentes cores. Para se criar duas categorias de 0 a 250, e de 250 a 500, por exemplo, deve-se inserir 0:250;250:500,

ou seja, os intervalos são separados por “;” e seus limites por “.”.

Os intervalos são inclusivos à direita, e exclusivos à esquerda, e devem ser inseridos em ordem crescente. Com esta notação é possível selecionar intervalos não consecutivos, bem como intervalos que comecem incluindo o mínimo ou se estendendo até o máximo, indicando apenas o um número no primeiro e último intervalo respectivamente. Um exemplo de notação para isto seria 250;250:500;750.

No caso dos atributos categóricos, como grupo tarifário, código da atividade econômica, classe e subclasse ou circuito de média tensão, basta selecionar um atributo e selecionar o botão “Colorir”. Serão criadas categorias com uma cor representando cada um dos atributos categóricos. O elemento de entrada de intervalos numéricos deve estar sem nenhum texto, uma vez que os intervalos numéricos têm prioridade para a classificação de cores.

O *boxplot* proposto sempre mostra os *whiskers* seguindo a relação com o a região interquartil, isto é, mesmo que os valores ultrapassem o mínimo e máximo do atributo do conjunto de dados visualizado, tais elementos serão mostrados com a dimensão calculada. Isto foi adotado para que tais elementos sempre colaborassem com a análise com as mesmas métricas. Os limites superior ( $w_{sup}$ ) e inferior ( $w_{inf}$ ) dos *whiskers* foram calculados, para escala linear, pelas equações abaixo, em função do primeiro e do terceiro quartil, respectivamente representados por  $Q_1$  e  $Q_3$ .

$$w_{sup} = Q_3 + 1,5(Q_3 - Q_1) \quad (1)$$

$$w_{inf} = Q_1 - 1,5(Q_3 - Q_1) \quad (2)$$

Caso a escala logarítmica seja escolhida, optou-se por calcular os limites dos whiskers considerando o logaritmo dos valores envolvidos, preservando a simetria visual, o que equivale a estabelecer as relações abaixo.

$$w_{sup} = Q_3 \cdot (Q_3 - Q_1)^{1,5} \quad (3)$$

$$w_{inf} = Q_1 / (Q_3 - Q_1)^{1,5} \quad (4)$$

#### 4. CENÁRIO DE USO

Neste trabalho, a tarefa principal a ser feita por meio da visualização, consiste em selecionar unidades consumidoras para monitoração. Pode-se utilizar diferentes critérios para tal seleção. Devido ao sistema de comunicação utilizado, a distância da unidade consumidora ao gateway é um fator decisivo: unidades consumidoras que estejam a mais de 5 km do concentrador LoRa, não tem condições favoráveis ao monitoramento por este gateway. Além disso, quanto menor a distância, melhor será a disponibilidade dos dados e menor a possibilidade de problemas de comunicação. Dessa forma, selecionaram-se, dinamicamente por meio da interface, as unidades que não se distanciavam mais que 2 km das possíveis localizações dos gateways.

O protocolo de análise adotado seguiu então dois critérios: encontrar unidades consumidoras que possuam alta carga instalada e baixo consumo de energia; e localizar unidades com elevado consumo e alto índice de frequência de interrupção individual (FIC) ou de duração de interrupção

individual (DIC). Com o primeiro critério, espera-se encontrar unidades consumidoras com perfil que pode estar relacionado a perdas não-técnicas. Com o segundo critério, espera-se proporcionar uma melhoria na disponibilidade de energia para clientes que tem um alto impacto na receita da concessionária, além de evitar o pagamento de compensações devido ao não cumprimento do limite dos índices FIC e DIC.

Neste ponto, é importante destacar os diferenciais do processo proposto neste trabalho: numa análise superficial, os critérios poderiam ser satisfeitos com uma simples seleção numa tabela. Para selecionar unidades consumidoras com elevada carga instalada e baixo consumo, bastaria escolher limites, para a carga e para a energia consumida, e realizar a seleção. No entanto, estabelecer tais limites não é uma tarefa trivial e, fixá-los para todas as regiões e categorias de clientes não consiste numa estratégia segura de análise, considerando a variação no perfil de consumo. Além disso, análises semelhantes podem ser feitas com dados de qualquer concessionária ou cidade, ou ainda, para examinar dados em outros campos de aplicação.

Dessa maneira, o layout em *boxplot* proposto, se mostrou eficiente: como as unidades consumidoras são analisadas lado a lado, é possível compreender o que é baixo ou alto para um dado atributo de um determinado grupo de UCs.

As Figuras 1 e 2 são exemplos de análises referentes ao primeiro grupo de atributos, carga instalada e consumo de energia médio, para os clientes atendidos em baixa tensão. Procedimentos semelhantes foram realizados para clientes atendidos em média tensão. A Fig. 4 mostra a disposição das UCs desta categoria, em que é possível observar, claramente, a tendência das unidades com elevada carga instalada, representadas em vermelho e laranja, possuírem também elevado consumo de energia elétrica.

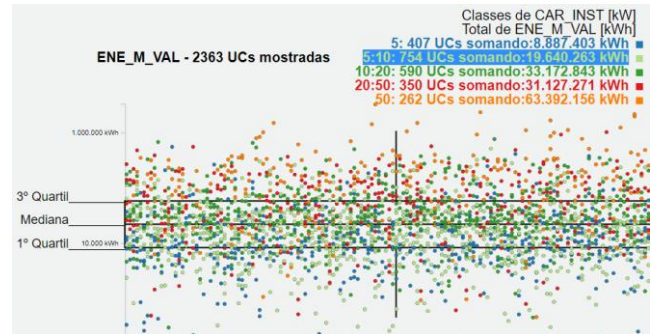


Fig. 4 Análise para unidades atendidas em média tensão.

É possível ainda, observar *outliers*, isto é, UCs com alta carga instalada, mas baixo consumo, mostrados na Fig. 5, em que as unidades com maiores potências de carga instalada são apresentadas em laranja. Estas unidades consistem em boas candidatas à monitoração.

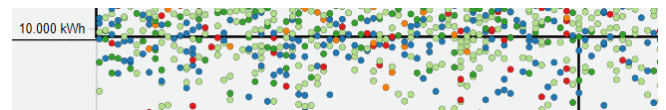


Fig. 5 Unidades atendidas em média tensão com baixo consumo.

O segundo grupo de atributos analisados, consiste no consumo de energia elétrica e no FIC. Para encontrar UCs que representem boas candidatas à monitoração, a fim de melhorar a qualidade do serviço prestado, classificou-se as unidades consumidoras em classes, segundo seu consumo de energia, classes estas representadas por cores na Fig. 6.

Neste cenário, um bom perfil para a monitoração tem alto consumo e FIC, simultaneamente, isto é, compreende unidades em que as faltas de energia acontecem com mais frequência. A parte superior da visualização é mostrada na Fig. 7, em que UCs com mais de 30000 kWh de consumo são representadas em roxo e marrom, sendo boas candidatas ao monitoramento. As unidades com mais de 300000 kWh, são destacadas com o recurso de foco, também integrado à ferramenta.

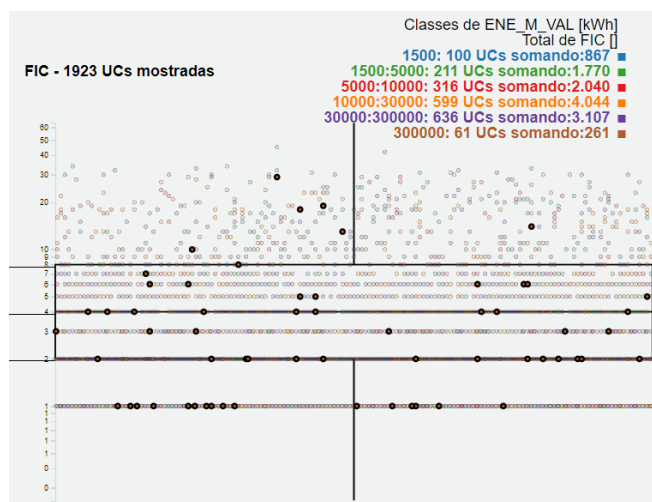


Fig. 6 Layout *boxplot*: energia consumida (cores) x FIC (posição).

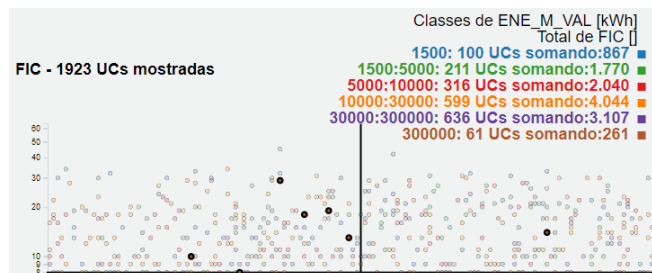


Fig. 7 UCs com elevado FIC.

É importante mencionar, que as análises apresentadas nesta seção, não visam esgotar as possibilidades que podem ser realizadas pela ferramenta, mas sim mostrar como este foi utilizado para eleger as unidades consumidoras para monitoração e, dessa forma, exemplificar como o uso da visualização implementada, assim como outras técnicas de visualização de informação, é útil em processos de tomadas de decisão.

## 6. CONCLUSÕES

O presente trabalho apresenta a utilização de técnicas de visualização da informação para a seleção de unidades consumidoras para um sistema de monitoramento a ser implementado em parceria com a CEB. Para isso, foram considerados atributos das UCs e da rede de comunicação que

será utilizada. Além disso, foi implementado uma visualização utilizando a biblioteca D3.js. Por meio desta ferramenta de visualização, foram mostrados exemplos de análises possíveis com o uso da mesma.

Com base nas análises feitas na seção de resultados, conclui-se que o *layout* apresentado facilita a escolha das unidades consumidoras com perfil interessante para o monitoramento. Com isso, além das análises apresentadas, o presente trabalho contribui com dois resultados principais: com a visualização implementada, que pode ser utilizada para outras análises, e com a verificação da utilidade das técnicas de visualização de informação em tomadas de decisão.

Dentre as principais dificuldades encontradas estão o condicionamento dos dados, o gerenciamento de um grande volume de informações e a implementação da ferramenta com as funcionalidades que permitissem uma análise satisfatória dos dados. Foram feitas conversões, aplicados filtros e cálculos, a fim de extrair informações úteis. A utilização da biblioteca D3.js permitiu implementar a visualização de forma interativa e flexível, lidando com uma quantidade grande de dados de forma satisfatória.

O exemplo apresentado permite vislumbrar novas análises, seja para refinar os resultados encontrados, isto é, otimizar a busca por perfis adequados à telemedicação, ou no que se refere a outros campos de aplicação relacionados ao setor elétrico. Pode-se, por exemplo, acrescentar informações de limites de FIC e DIC de cada área para nortear investimentos relacionados à necessidade de melhoria de tais índices, identificando áreas e clientes que possuem índices próximos aos seus limites, definidos pela ANEEL.

A agregação de mapas para a visualização da localização de elementos com atributos espaciais, como as possíveis localizações para as torres, representa uma maior usabilidade da ferramenta proposta, e desta forma, se constitui como possível objeto de trabalhos futuros. É interessante destacar que existem diversas ferramentas que possibilitam a visualização em mapas, e por isso este não foi o foco do presente trabalho.

Destaca-se ainda que a divisão dos dados em grupos, visando a utilização de *boxplots* para comparação das métricas estatísticas e tendências de cada grupo, representa outra notável possibilidade de análise. Para isto, é necessário adaptar e otimizar os algoritmos e ferramentas implementados

Com o sistema de monitoração implementado, técnicas de visualização da informação poderão ser úteis para extrair informações das grandezas medidas, bem como para otimizar a configuração dos parâmetros LoRa, maximizando a entrega de pacotes e a utilização dos recursos. Com a obtenção de mais dados, outra possibilidade seria a utilização de técnicas de inteligência artificial para seleção dos clientes.

## AGRADECIMENTOS

Esta pesquisa foi financiada pela Companhia Energética de Brasília (CEB) por meio do projeto de P&D ANEEL nº 05160-1805/2018. Além da CEB, os autores agradecem à STMicroelectronics pelo suporte técnico do programa universitário. O presente trabalho foi realizado com apoio da

Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). A estes órgãos, os autores agradecem pelas bolsas de estudo, que possibilitam o desenvolvimento dos projetos com dedicação exclusiva, e que representam para muitos estudantes, a materialização de sonhos, abrindo portas nos mais diversos campos de atuação.

## REFERÊNCIAS

- Behrisch, M., Blumenschein, M., Kim, N. W., Shao, L., El-Assady, M., Fuchs, Jo., Seebacher, D.; Diehl, A., Brandes, U., Pfister, H., Schreck, T., Weiskopf, D. and Keim, D. A. (2018). Quality metrics for information visualization. *Comput. Graphics Forum*, 37 (3), pp. 625-662.
- Bostock, M. (2020). D3.js data-driven documents. Available at <https://d3js.org> (Accessed: 06 January 2020).
- Card, S. K., Mackinlay, J. D., and Shneiderman, B. (1999). *Readings in information visualization: using vision to think*. Morgan Kaufmann Publishers, San Francisco, California.
- Haxhibeqiri, J., Poorter, E. D., Moerman, I., and Hoebeke, J. (2018). A survey of LoRaWAN for IoT: from technology to application. *IEEE Sensors*. 18 (11).
- Hoffman, P., Grinstein, G., Marx, K., Grosse, I., and Stanley, E. (1997). DNA visual and analytic data mining. *Proceedings Visualization '97*, pp. 437-441.
- Inselberg, A. (1985). The plane with parallel coordinates. *The Visual Computer: International Journal of Computer Graphics*, 1, 69-91.
- Johnson, B., and Shneiderman, B. (1991). *Tree-maps: a space-filling approach to the visualization of hierarchical information structures*. College Park, Md., University of Maryland, Center for Automation Research, Computer Vision Laboratory.
- Keim, D. (2002). Information visualization and visual data mining. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*. 8 (1), pp. 1-8.
- Luz, F. F. da S. and Souza, P. H. B. (2016). Telemedicação de clientes do grupo B no âmbito de concessão da Companhia Paulista de Força e Luz – CPFL. *Universidade Federal de Itajubá*. Engenharia Elétrica Itajubá.
- Nagamine, G. K. (2011). Estudo das perdas não técnicas no sistema elétrico de distribuição e as tecnologias utilizadas para seu combate. *Universidade Tecnológica Federal do Paraná*. Curitiba.
- Petajajarvi, J., Mikhaylov, K., Roivainen, A., Hanninen, T., and Pettissalo, M. (2015). On the coverage of LPWANS: range evaluation and channel attenuation model for LoRa technology. *IEEE 14th International Conference on ITS Telecommunications (ITST)*, pp. 55-59.
- Rosa, A. N.; Alberto, B. L. A. and Sousa, R. F. (2008). Projeto SAME: uma experiência de sucesso da CEB Distribuição S/A para automação do faturamento e redução das perdas não-técnicas de seus maiores clientes. *XVIII Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica*, Olinda.
- Thirumalai, C.; Vignesh, M. and Balaji, R. (2017). Data analysis using box and whisker plot for lung cancer. *International Conference on Innovations in Power and Advanced Computing Technologies*, pp. 1-6.
- Wixted, A. J., Kinnaird, P., Larijani, H., Tait, A., Ahmadinia, A., & Strachan, N. (2016). Evaluation of LoRa and LoRaWAN for wireless sensor networks. *IEEE Sensors*. pp. 1-3.