

Aprimorando a Interoperabilidade em Sistemas de Veículos Elétricos Compartilhados e Geração Distribuída Através da Norma IEC 61850

Matheus Ayello¹, Izabella Pitta¹, Patrick Frizzini¹, João Magalhães¹, Fabio Bruns¹ e Yona Lopes¹

¹FRIENDS Lab, Escola de Engenharia/UFF – Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ, Brasil, matheus_felipe@id.uff.br

RESUMO

A mobilidade urbana é tema central nas discussões sobre o desenvolvimento das cidades e a qualidade de vida. Ela se refere à facilidade e eficiência com que as pessoas se deslocam no ambiente urbano. No entanto, com o crescimento da população e o aumento do uso de transporte individual, vários problemas têm sido observados, como congestionamento do tráfego de veículos, poluição do ar e do solo e emissão de gases de efeito estufa. Nesse sentido, este artigo propõe um aprimoramento nos sistemas de veículos elétricos sustentáveis e compartilhados e na geração distribuída a partir a norma IEC 61850. A proposta aborda a modelagem de dados dos componentes do sistema, os protocolos de comunicação utilizados e a arquitetura funcional do sistema. O sistema SCADA descrito para a proposta, os veículos elétricos, as estações de carregamento e todos os dispositivos de controle, monitoramento e supervisão envolvidos foram baseados na IEC 61850, onde utilizamos sua modelagem de dados para garantir a interoperabilidade. A estação de recarga carrega as baterias dos veículos a partir de painéis solares instalados nas estações, reforçando a sustentabilidade do sistema e o fortalecimento da geração distribuída. É realizado, para validar a proposta, uma prova de conceito em laboratório com dois IEDs SEL, uma mala de testes Omicron CMC 356, um switch industrial GE Reason S20 e o software SCADA Eclipse E3. Na prova de conceito, foi possível certificar as funcionalidades desejadas verificando os resultados no SCADA desenvolvido e a simulação de geração fotovoltaica nas estações de recarga.

Palavras-chave: IEC 61850. Veículos Elétricos. Mobilidade Urbana. Geração Distribuída.

1. INTRODUÇÃO

A mobilidade urbana é uma questão crítica para o desenvolvimento das cidades e a qualidade de vida. Está diretamente relacionada com a facilidade e eficiência com que a população se desloca dentro do ambiente urbano. No entanto, com o crescimento exponencial da população e o aumento do uso de transporte individual, surgem problemas, como congestionamento de tráfego, poluição do ar e do solo e emissões de gases de efeito estufa. O planejamento urbano e a evolução do transporte público nas principais cidades brasileiras não acompanharam o rápido crescimento urbano. As emissões de carbono dos veículos a combustão, a poluição e os benefícios econômicos são fatores importantes para a crescente

popularidade dos veículos elétricos (EPE, 2023). Além disso, à medida que os poços de petróleo e gás natural atuais vão se esgotando, o uso de alternativas elétricas e renováveis para o transporte urbano se torna tanto uma necessidade energética quanto uma demanda ambiental (DING et al, 2017). A *Geração Distribuída* (GD) consiste na implementação da geração elétrica próxima ou junta aos consumidores independentes da potência, tecnologia ou fonte de energia.

Embora o uso de veículos elétricos individuais possa contribuir para a redução das emissões de gases poluentes, é importante lembrar que eles não resolvem completamente o problema da poluição ambiental. Diante desses desafios, a mobilidade sustentável e compartilhada emerge como uma alternativa, oferecendo mudanças e soluções para o transporte tradicional. Scooters, carros e bicicletas elétricos compartilhados, cujas baterias são carregadas por meio de fontes de energia renovável, são opções adequadas para aliviar de forma sustentável o congestionamento nas vias urbanas, impulsionando, concomitantemente, a geração distribuída com uma oferta sustentável de energia.

A norma *International Electrotechnical Commission* (IEC) 61850 é um potencial habilitador da nova era digitalizada do mercado de energia (SHIN, 2016). Seu principal atributo, a interoperabilidade entre fornecedores, permite uma arquitetura de comunicação aberta e interoperável em veículos elétricos e sistemas de GD. Em USTUN et al (2013), podemos ver os esforços iniciais para estender a modelagem de GD da norma IEC 61850 para abranger veículos elétricos. Enquanto em SINGH et al (2023), vemos propostas de incorporação de veículos elétricos nos sistemas de GD, considerando a dinâmica operacional. No entanto, até onde o conhecimento dos autores vai, não há uma implementação real da Seção 90-8 da norma IEC 61850 para sistemas compartilhados de veículos elétricos e sua integração com a rede de distribuição e a GD.

Para preencher essa lacuna, este artigo propõe um aprimoramento dos sistemas de veículos elétricos compartilhados, sustentáveis e integrados a redes de distribuição e geração distribuída a partir da norma IEC 61850. A proposta abrange principalmente a modelagem de dados, arquitetura do sistema e protocolos de comunicação. Ela engloba um sistema *Supervisory Control and Data Acquisition* (SCADA), veículos elétricos, estações de carregamento e armazenamento, a geração fotovoltaica nas estações, a rede de comunicação entre os componentes e a integração com a rede distribuição. A norma IEC 61850 será a base para o projeto da infraestrutura do sistema, garantindo eficiência, interoperabilidade e conformidade com normas internacionais. Uma prova de conceito foi realizada em laboratório

com *Intelligent Electronic Devices* (IEDs) SEL 451-2 e SEL 421-3, uma mala de testes Omicron CMC 356, um switch GE Reason S20 e o software Elipse E3 para avaliar a proposta. Os resultados são promissores, indicando os benefícios de interoperabilidade do uso da norma IEC 61850, o cumprimento das funcionalidades desejadas e a viabilidade da proposta.

2. TRABALHOS RELACIONADOS

Vários artigos na literatura abordam veículos elétricos no contexto da norma IEC 61850, com foco mais no seu papel complementar à geração distribuída. Por exemplo, AFTAB et al (2018) discute o mapeamento do protocolo XMPP e sua adaptação para serviços de gerenciamento de energia, utilizando veículos elétricos como geradores móveis de energia em emergências, sendo essa um complemento interessante aos sistemas de GD. Da mesma forma, HUSSAIN et al (2020) propõe o uso de veículos elétricos como geradores móveis em cenários críticos sendo um contexto que exemplifica uma das integrações existentes entre sistemas de geração distribuída e veículos elétricos. Neste trabalho, o autor mapeia os atributos necessários do padrão para permitir o controle de fluxo de energia bidirecional. Em SINGH et al (2023), há a preocupação com a operação da rede elétrica com a integração do carregamento de veículos elétricos. O artigo propõe um sistema de agendamento para o carregamento de veículos durante horários adequados para evitar o aumento dos custos de energia. Em SCHMUTZLER et al (2012), os autores têm uma abordagem semelhante, concentrando-se no contexto de sistemas de energia distribuída e agendamento de horários para a integração de veículos elétricos.

Também é encontrado uma abordagem mais generalista para a *Internet of Things* (IoT) na literatura. USTUN et al (2019) sugere novos modelos e atributos para a norma IEC 61850 a fim de aprimorar o aspecto da IoT nos sistemas. Isso inclui a introdução de novos modelos dentro dos existentes para veículos elétricos. Em USTUN et al (2013), podemos ver as propostas iniciais referentes à extensão da Seção 7-420 da Norma IEC (2009) para incluir veículos elétricos na modelagem de comunicação da IEC 61850. Avaliações e propostas de arquiteturas de comunicação para sistemas de veículos elétricos também estão presentes. AFTAB et al (2020) e HUSSAIN et al (2020) enfatizam a troca de mensagens entre os componentes em sistemas de veículos elétricos baseados na IEC 61850, detalhando os protocolos e os serviços *Manufacturing Message Specification* (MMS) necessários para a funcionalidade desejada. USTUN et al (2019) apresenta uma proposta similar com um algoritmo para a troca de mensagens entre veículos elétricos e estações para relatar dados do veículo com precisão. Por outro lado, AHMED (2019) detalha um estudo de caso de redes

de comunicação em sistemas de veículos elétricos em um campus universitário, consistindo em duas redes: uma entre veículos e estações de carregamento e outra entre as estações de carregamento. SHIN (2016) aborda a necessidade de interoperabilidade e posiciona a norma IEC 61850 como um facilitador dessa funcionalidade. O autor propõe uma metodologia para testes de interoperabilidade entre estações de carregamento e veículos elétricos para garantir essa característica do sistema.

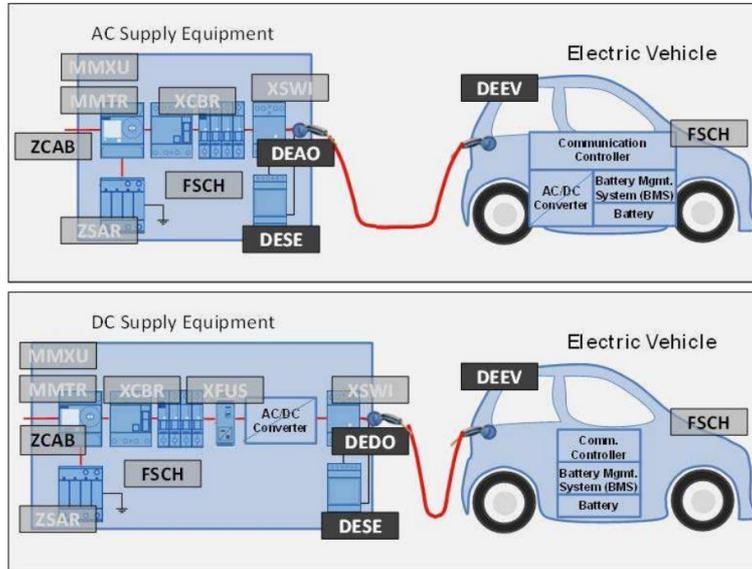
Apesar dessas valiosas e semelhantes contribuições, a literatura carece de uma proposta para veículos elétricos compartilhados que aborde a implementação do sistema em equipamentos disponíveis comercialmente, utilizando os nós lógicos padronizados conforme especificados pela IEC 61850 e sua integração com os sistemas de geração distribuída em redes de distribuição.

3. IEC 61850 - Modelagem Funcional de Veículos Elétricos baseados na Seção 90-8 da norma IEC 61850.

Um protocolo de comunicação é necessário para conectar os equipamentos ao sistema de supervisão. De acordo com SØRENSEN et al (2008), o protocolo MMS, incorporado à norma IEC 61850, consiste no protocolo SCADA a ser implementado por dispositivos em conformidade com a Norma. O protocolo possui estampa temporal nas mensagens, permite a adição de novos modelos e opera com uma arquitetura cliente-servidor. As características funcionais da norma IEC 61850 como flexibilidade, interoperabilidade e serviços adequados para interfaces de supervisão, monitoramento e controle, a tornam o melhor candidato para o aprimoramento proposto.

Desde que os dispositivos estejam em conformidade com a Norma, será possível ter controle sobre a estação de carregamento e monitorar completamente o painel solar, a estação e o veículo. A Norma descreve cada peça de equipamento e função de um sistema de energia por meio de nós lógicos. Assim, os dispositivos baseados na norma IEC 61850 têm suas funcionalidades alocadas em classes, seguindo um modelo de programação orientada a objetos. A Seção 90-8 na norma IEC 61850 é a parte que descreve explicitamente a padronização atual da interface de comunicação e das informações básicas necessárias para a conexão de veículos elétricos à rede elétrica. Esta seção da Norma está relacionada à seção IEC 61850-7-420, que trata de sistemas de geração distribuída.

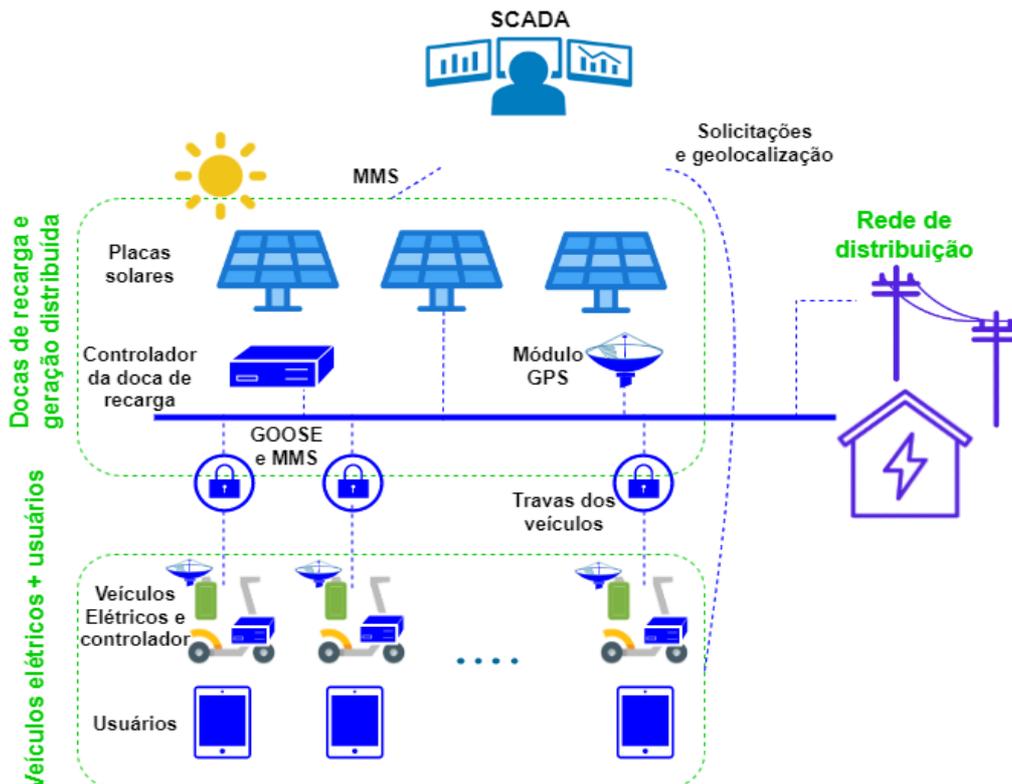
Figura 1: Modelagem da estação de recarga e veículos elétricos (IEC, 2016).



Portanto, ela pode ser usado para modelar estações de carregamento, veículos elétricos e equipamentos de fornecimento de energia e geração distribuída, garantindo interoperabilidade.

4. PROPOSTA

Figura 2: Proposta de aprimoramento de sistemas de veículos elétricos compartilhados e geração distribuída.



Neste artigo, é proposto um aprimoramento dos sistema de mobilidade urbana sustentável compartilhada e de geração distribuída envolvendo veículos elétricos compartilhados, cuja modelagem de dados para os pontos propostos, o centro de controle e monitoramento, e os protocolos de comunicação usados são todos baseados na norma IEC 61850, conforme pode-se observar na Figura 2.

- **SCADA:** A supervisão e monitoramento do sistema para adquirir informações e executar comandos de controle nos dispositivos. O sistema SCADA deve estar em conformidade com a norma IEC 61850;
- **Estação de recarga:** Docas ou estações integradas a rede de distribuição onde veículos que não estão em uso são armazenados e recarregados. As baterias dos veículos são carregadas com energia solar proveniente de painéis instalados nas docas, a energia excedente pode ser injetada a rede de distribuição estando incorporado ao sistema de geração distribuída. Cada doca está equipada com um módulo de GPS para rastreamento de localização e um módulo de hardware de controle para gerenciamento de aplicativos e serviços. Fechaduras elétricas servem como interfaces físicas ligadas aos veículos estacionados;
- **Veículos elétricos + usuários:** Os veículos compreendem a estrutura física de mobilidade, o controlador associado para supervisão, controle e monitoramento por meio da interface SCADA, o módulo GPS para geolocalização e os usuários com a respectiva interface de acesso aos veículos elétricos;
- **Rede de distribuição:** Rede distribuição cujo sistema de veículos elétricos compartilhados será associado para fazer parte do sistema de geração distribuída da localidade.

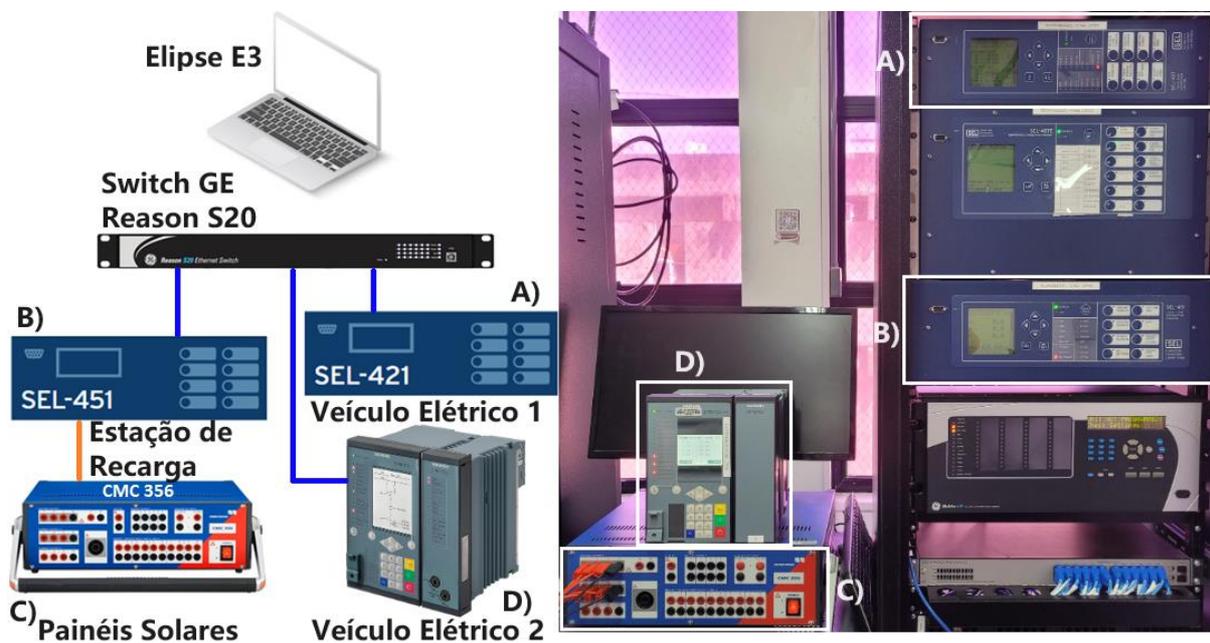
Um dos componentes cruciais do sistema são os controladores dos veículos elétricos e das estações de recarga. Esses dispositivos devem conter um código de biblioteca IEC 61850 incorporado para modelar adequadamente o controlador e comunicar de acordo com a norma IEC 61850. Isso permitirá as funcionalidades desejadas de monitoramento, supervisão e controle do sistema.

Os seguintes nós lógicos são propostos para a implementação nos controladores dos veículos elétricos e estações de recarga e monitoramento: **DEEV** - Informações relacionadas ao veículo elétrico. Pode-se acessar o estado de carga do dispositivo e informações sobre a identificação do veículo e os valores de limite operacionais; **DESE** - Informações relacionadas à estação de recarga. Pode-se obter a corrente, a tensão e a placa de identificação da estação; **FSCH** - Informações de agendamento para sistemas de energia. É de grande valia no agendamento das recargas dos veículos; **LTMS** - Informações de sincronização de tempo do dispositivo; **MMXU, MMXN, MMTN, MMDC e MMTR** - Nós lógicos de medição, pode assumir diversas abordagens que estão cobertas pelos nós lógicos expostos; **XCBR** - Nó lógico de disjuntor. Contém atributos relacionados à posição do disjuntor, status local/remoto, operações de controle etc.; **XSWI** - Nó lógico de chaves de circuito sem a capacidade de

interrupção de curto-circuito. Um nó lógico importante para modelar os travamentos da estação. Pode-se obter informações sobre a posição da chave, status local/remoto, capacidade de operação física, operações de controle etc.; e **ZBAT** - Nó lógico de informações sobre o estado da bateria. Crucial para monitorar veículos elétricos. É possível verificar a bateria e monitorar a corrente, a tensão e a taxa de mudança de tensão, entre outros atributos essenciais.

5. PROVA DE CONCEITO

Figura 3: Bancada de testes para a prova de conceito.



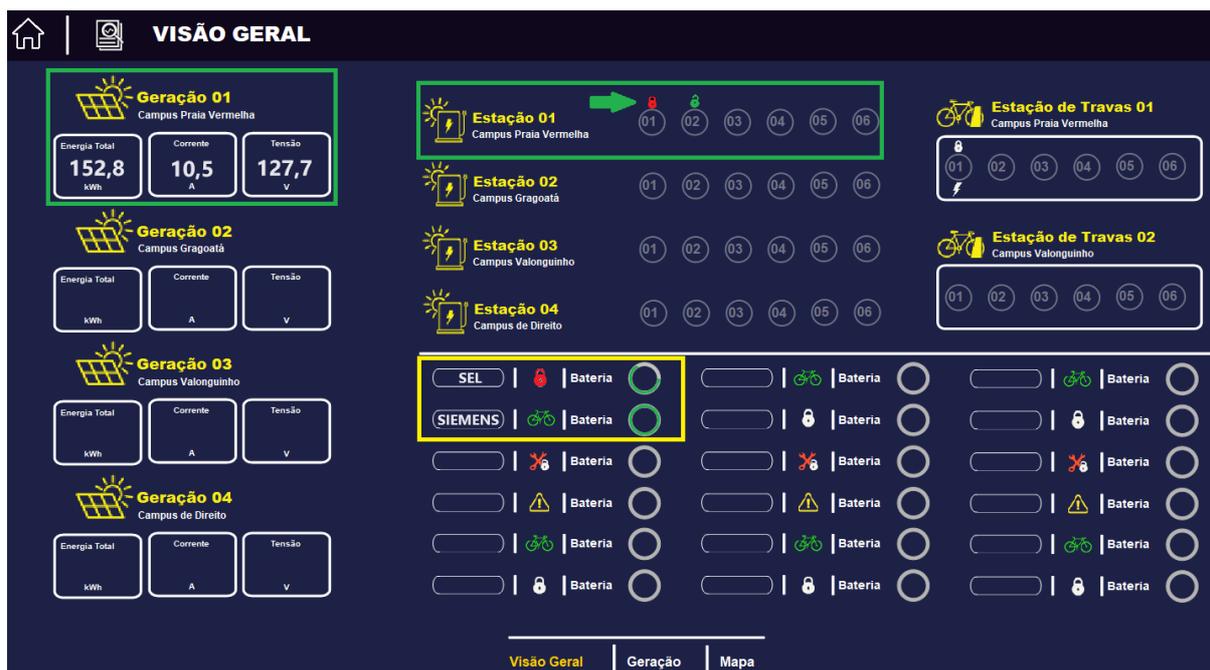
Uma prova de conceito é conduzida em um ambiente de laboratório onde será avaliada a aquisição de dados facilitados pelo sistema SCADA por meio do protocolo MMS. A Figura 3 detalha a bancada de testes com os IEDs em conformidade com a norma IEC 61850: A) IED SEL-451; B) IED SEL-421; uma mala de testes C) Omicron CMC 356; D) IED Siemens 7SA87; um switch GE Reason S20 para comunicação e um computador pessoal com o software SCADA Elipse E3. Enquanto a Figura 4 mostra os atributos selecionados para o sistema SCADA no software Elipse E3. É possível observar os atributos adquiridos dos IEDs nos três equipamentos que serão extraídos: O fabricante; o modelo; a saúde física do equipamento; a corrente; e a potência medida. No caso particular da estação de recarga, também serão adquiridos a tensão e variáveis de controle para acionamento remoto das travas elétricas via interface SCADA. Todos esses atributos são informações relevantes para o controle, supervisão e monitoramento de sistemas de veículos elétricos compartilhados.

Figura 4: Atributos IEC 61850 selecionados para o sistema SCADA no Elipse E3.

Nome	Dispositivo	Item
Driver1		
Fabricante	SEL_451:Estacao_RecargaCFG	CFGLPHD1\$DC\$PhyNam\$vendor
Modelo	SEL_451:Estacao_RecargaCFG	CFGLPHD1\$DC\$PhyNam\$model
Saúde Física	SEL_451:Estacao_RecargaCFG	CFGLPHD1\$ST\$PhyHealth\$stVal
Potência Gerada	SEL_451:Estacao_RecargaMET	METMMXU1\$MX\$TotW\$instMag\$f
Corrente	SEL_451:Estacao_RecargaMET	METMMXU1\$MX\$PhV\$sphsA\$instCVal\$mag\$f
Tensão	SEL_451:Estacao_RecargaMET	METMMXU1\$MX\$A1\$sphsA\$instCVal\$mag\$f
Controle Trava Elétrica	SEL_451:Estacao_RecargaCON	RBGGIO1\$CO\$SPCSO01\$Oper
Controle Trava Elétrica 2	SEL_451:Estacao_RecargaCON	RBGGIO1\$CO\$SPCSO02\$Oper
Fabricante VE	SEL_421:Veiculo_EletricoCFG	CFGLPHD1\$DC\$PhyNam\$vendor
Modelo VE	SEL_421:Veiculo_EletricoCFG	CFGLPHD1\$DC\$PhyNam\$model
Saúde Física VE	SEL_421:Veiculo_EletricoCFG	CFGLPHD1\$ST\$PhyHealth\$stVal
Potência VE	SEL_421:Veiculo_EletricoMET	METMMXU1\$MX\$TotW\$instMag\$f
Corrente VE	SEL_421:Veiculo_EletricoMET	METMMXU1\$MX\$PhV\$sphsA\$instCVal\$mag\$f
Fabricante VE 2	Siemens_7SA87:Veiculo_Eletrico_2Application	LPHD0\$DC\$PhyNam\$vendor
Modelo VE 2	Siemens_7SA87:Veiculo_Eletrico_2Application	LPHD0\$DC\$PhyNam\$model
Saúde Física VE 2	Siemens_7SA87:Veiculo_Eletrico_2Application	LPHD0\$ST\$PhyHealth\$stVal
Corrente VE 2	Siemens_7SA87:Veiculo_Eletrico_2Ln1_OperationalValues	RPRE_MMxu1\$MX\$A\$sphsA\$instCVal\$mag\$f
Potência VE 2	Siemens_7SA87:Veiculo_Eletrico_2Ln1_OperationalValues	RPRE_MMxu1\$MX\$TotW\$instMag\$f

A Figura 5 detalha a tela da visão geral dos veículos individuais juntamente com os painéis solares atrelados às estações de recarga. Conforme pode-se observar, a corrente e tensão injetadas pela mala de testes são devidamente sinalizadas no campo “Geração 01” em destaque verde na figura. Enquanto no campo “Estação 01” observa-se seis travas elétricas associadas à essa estação, onde através dos atributos de variáveis remotas mapeadas na Figura 4 – RBGGIO1\$CO\$SPCSO01/02Oper – pode-se comandar a liberação das travas.

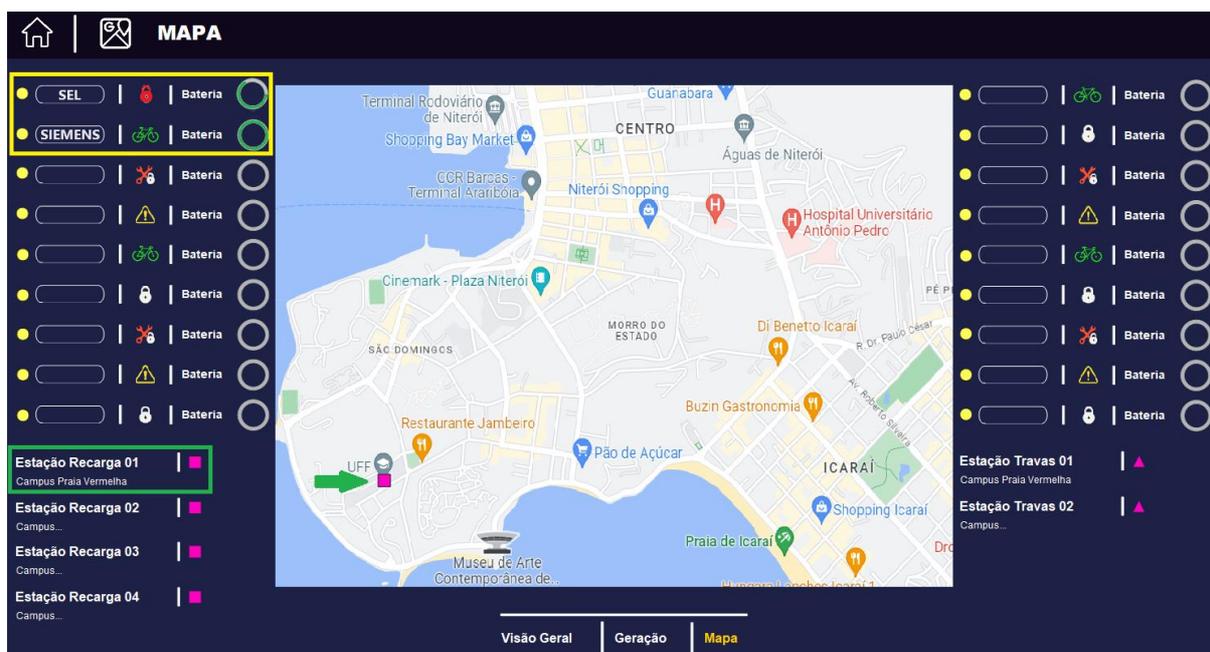
Figura 5: Tela SCADA de visão geral desenvolvida no Elipse E3.



Já em destaque amarelo na Figura 5, pode-se ver informações associadas aos veículos elétricos, como o seu nome, nesse caso foi associado diretamente ao nome do fabricante, a situação do veículo (armazenado, em movimentação, alarme de integridade física etc.), o nível da bateria do veículo, e quaisquer outras informações que sejam englobadas pela Norma e estejam contidas no modelo de dados do veículo e que seja desejado a incorporação à tela de supervisão desenvolvida.

Na Figura 6, está exposta a tela de monitoramento para geolocalização dos veículos. Em destaque verde na figura e com indicação com seta no mapa estão o nome e posição da estação de recarga no sistema. Enquanto em destaque amarelo encontra-se, novamente, informações relacionadas aos veículos da prova de conceito realizada.

Figura 6: Tela SCADA do mapa para geolocalização dos veículos elétricos, das estações de recarga e de armazenamento.



O uso da IEC 61850 permite a interoperabilidade entre os componentes sendo um facilitador dessa integração universal entre os sistemas. Conforme discutido, a integração dos sistemas de veículos elétricos compartilhados e sustentáveis em ambientes urbanos ocorrerá concomitante à integração da geração distribuída aos sistemas de distribuição no ambiente urbano. Essa integração é extremamente proveitosa para ambos os sistemas, onde a geração excedente da estação de recarga pode ser injetada a rede de distribuição, e os veículos elétricos podem atuar como geradores elétricos em emergências em um fluxo inverso de energia. A Norma, através da interoperabilidade com estrutura de dados e protocolos

normatizados permite essa integração em um ambiente com múltiplos fabricantes. Esse ambiente com múltiplos fabricantes é uma realidade intrínseca à contínua expansão da digitalização dos sistemas elétricos e, portanto, abordagens com protocolos e modelo de dados padronizados são fundamentais para a contínua digitalização do setor.

6. CONCLUSÃO

Um aprimoramento dos sistemas de sistemas de veículos elétricos compartilhados e sua integração a sistemas de GD com base na norma IEC 61850 foi proposto. A modelagem de dados, detalhes operacionais e arquitetura para abordar a lacuna identificada na literatura foi discutida dentro da proposta. Além disso, foi realizado uma prova de conceito para verificar as funcionalidades desejadas através de um cenário em laboratório com um IED SEL 421, um IED SEL-451, um IED Siemens 7SA87, uma mala de testes Omicron CMC 356 e um switch GE Reason S20. Para a construção do sistema e da interface SCADA, foi utilizado o software Elipse E3 em computador pessoal com conexão aos equipamentos através do switch GE Reason S20.

No sistema com os atributos mapeados no software SCADA, foi mostrado funcionalidades de monitoramento e supervisão, com os dados da geração da estação de recarga, nome do fabricante dos veículos, e o carregamento das baterias dos veículos, além da funcionalidade de controle, pelos comandos de abertura e fechamento das travas elétricas pelos atributos de controle.

Foi possível atender as funcionalidades desejadas usando os atributos da Norma, onde a IEC 61850 se mostrou favorável ao projeto. Além da interoperabilidade, a Norma modela todos os equipamentos e permite nós lógicos genéricos, tornando a modelagem do sistema mais acessível. Portanto, a Norma demonstrou ser adequada para projetos de sistemas de veículos elétricos compartilhados junto com sua integração a rede distribuição e sistemas de geração distribuída, garantindo interoperabilidade, eficiência e conformidade com padrões internacionais.

Em trabalhos futuros, almeja-se utilizar um microcontrolador Raspberry Pi 3 Model B para implementações práticas em veículos elétricos reais com o controle sendo realizado pelo módulo controlador desenvolvido associado às instrumentações de sensores e atuadores necessárias. Nesse sentido, uma biblioteca aberta IEC 61850 para à implementação totalmente flexível do modelo de dados IEC 61850 no controlador. Essa abordagem é de grande valia para poder mapear todos os atributos mapeados desejados em um único controlador e irá fundamentar implementações práticas futuras em veículos elétricos reais.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer aos conselhos CNPQ, à fundação CAPES e à fundação FAPERJ pelo suporte financeiro na produção do artigo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFTAB, Mohd Asim et al. **IEC 61850 and XMPP communication based energy management in microgrids considering electric vehicles**. IEEE Access, v. 6, p. 35657-35668, 2018.

AFTAB, Mohd Asim et al. **IEC 61850-based communication layer modeling for electric vehicles: Electric vehicle charging and discharging processes based on the international electrotechnical commission 61850 standard and its extensions**. IEEE Industrial Electronics Magazine, v. 14, n. 2, p. 4-14, 2020.

AHMED, Mohamed A.; EL-SHARKAWY, Mohamed R.; KIM, Young-Chon. **Remote monitoring of electric vehicle charging stations in smart campus parking lot**. Journal of Modern Power Systems and Clean Energy, v. 8, n. 1, p. 124-132, 2019.

DING, Ning; PRASAD, Krishnamachar; LIE, Tek Tjing. **The electric vehicle: a review**. International Journal of Electric and Hybrid Vehicles, v. 9, n. 1, p. 49-66, 2017.

EPE [Empresa de Pesquisa Energética] **Estudos do Plano Decenal de Expansão de Energia 2032 - Eletromobilidade**. Janeiro de 2023. Disponível em < <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/plano-decenal-de-expansao-de-energia-2032> >. Acesso em jun/2023.

HUSSAIN, Shahid; MOHAMMAD, Faisal; KIM, Young-Chon. **Communication network architecture based on logical nodes for electric vehicles**. In: Proceedings of the 2017 International Symposium on Information Technology Convergence, Shijiazhuang, China. 2017. p. 19-21.

HUSSAIN et al (2020) - HUSSAIN, SM Suhail et al. **IEC 61850 based energy management system using plug-in electric vehicles and distributed generators during emergencies**. International Journal of Electrical Power & Energy Systems, v. 119, p. 105873, 2020.

International Electrotechnical Commission. **IEC 61850 - communication networks and systems in substations—part 7–420: basic communication structure—distributed energy resources logical nodes**. Int. Electrotech. Comm, 2009.

International Electrotechnical Commission. **Communication networks and systems for power utility automation - Part 90-8: Object model for E-mobility**. [S.l.], 2016.

LOPES, Yona et al. **Smart grid communication: Requirements and SCADA protocols analysis.** In: 2018 Simposio Brasileiro de Sistemas Eletricos (SBSE). IEEE, 2018. p. 1-6.

SCHMUTZLER, Jens; WIETFELD, Christian; ANDERSEN, Claus Amtrup. **Distributed energy resource management for electric vehicles using IEC 61850 and ISO/IEC 15118.** In: 2012 IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference. IEEE, 2012. p. 1457-1462.

SHIN, Minho et al. **Building an interoperability test system for electric vehicle chargers based on ISO/IEC 15118 and IEC 61850 standards.** Applied Sciences, v. 6, n. 6, p. 165, 2016.

SINGH, Shailendra; VERMA, M. K. **Smart charging schedule of plug-in electric vehicles for voltage support: A prosumer-centric approach.** Sustainable Energy, Grids and Networks, v. 33, p. 100972, 2023.

SØRENSEN, Jan Tore; JAATUN, Martin Gilje. **An analysis of the manufacturing messaging specification protocol.** In: Ubiquitous Intelligence and Computing: 5th International Conference, UIC 2008, Oslo, Norway, June 23-25, 2008 Proceedings 5. Springer Berlin Heidelberg, 2008. p. 602-615.

USTUN, Taha Selim; OZANSOY, Cagil R.; ZAYEGH, Aladin. **Implementing vehicle-to-grid (V2G) technology with IEC 61850-7-420.** IEEE Transactions on Smart Grid, v. 4, n. 2, p. 1180-1187, 2013.

USTUN, Taha Selim; HUSSAIN, SM Suhail. **Extending IEC 61850 communication standard to achieve Internet-of-Things in smartgrids.** In: 2019 International Conference on Power Electronics, Control and Automation (ICPECA). IEEE, 2019. p. 1-6.

USTUN, Taha Selim; HUSSAIN, SM Suhail. **Implementation of IEC 61850 based integrated EV charging management in smart grids.** In: 2019 IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference (VPPC). IEEE, 2019. p. 1-5.