

# Plataforma de Interoperabilidade Orientada a Microserviços Baseada no Common Information Model

Pedro Stefano Toffalini Fernandes\*  
Rafael Santos de Almeida\*\* André Gustavo Mendes Silva\*\*\*  
Guilherme Esteves Mendes Campos\*\*\*\*  
Bhryan Henderson Lopes Perpétuo†

\* *Concert Technologies S.A., MG, (e-mail:  
pedro.fernandes@concert.com.br)*

\*\* *Concert Technologies S.A., MG, (e-mail: rafaelsa97@gmail.com)*

\*\*\* *Concert Technologies S.A., MG, (e-mail:  
andre.silva@concert.com.br)*

\*\*\*\* *Concert Technologies S.A., MG, (e-mail:  
guilherme.campos@concert.com.br)*

† *Concert Technologies S.A., MG, (e-mail:  
bhryan.perpetuo@concert.com.br)*

---

**Abstract:** With the advent of new devices in the electrical sector and the market's focus on microservices systems, devices need to exchange data efficiently without increasing integration complexity. In addition to it, the standardization of data traffic is becoming increasingly important, enabling the interpretation of information by consumer applications, as well as allowing it to be used by other systems in a scalable way. In this sense, a microservice bus has been developed, through which data is transported using the CIM (*Common Information Model*), provided by the IEC 61970, 61968 and 62325 standards, using a service oriented architecture.

**Resumo:** Com o advento de novos dispositivos no setor elétrico e o direcionamento do mercado a sistemas de microserviços, necessita-se que os dispositivos troquem dados de forma eficiente, sem incrementar a complexidade de integração. Ademais, a padronização dos dados trafegados torna-se cada vez mais importante, possibilitando a interpretação das informações pelas aplicações consumidoras, além de proporcionar que sejam utilizadas por outros sistemas de forma escalável. Neste sentido, desenvolveu-se o barramento de microserviços, pelo qual são trafegados dados em conformidade com o CIM (*Common Information Model*), definido pelas normas IEC 61970, 61968 e 62325, utilizando uma arquitetura orientada a serviços.

*Keywords:* CIM; Interoperability; Microservices; System Integration.

*Palavras-chaves:* CIM; Interoperabilidade; Microserviços; Integração de Sistemas.

---

## 1. INTRODUÇÃO

O ambiente de negócio de uma distribuidora de energia é composto por diversos sistemas que concentram todos os tipos de informações relevantes à operação e gerenciamento do sistema elétrico de potência. Dentre essas informações, tem-se, por exemplo, os dados cadastrais de topologia e dos ativos da rede, dados de medições, comandos e operações de controle e dados de ocorrência de eventos. Os sistemas que contêm essas informações possuem, em geral, pouca ou nenhuma interface de comunicação com outros sistemas, sendo executados, na maioria das vezes, de forma independente e sem troca de dados automática, cabendo aos seus usuários a função de relacionar os dados necessários de forma manual.

Para que uma concessionária de energia possa desenvolver funcionalidades complexas de operação, de forma que lhe

auxiliem na melhoria da observabilidade de sua rede, é necessário que seus sistemas e dispositivos troquem informações por meio de estruturas de interoperabilidade que realizam essa função de forma eficiente e não aumentem a complexidade das integrações, possibilitando que outros dispositivos sejam integrados e que o ecossistema seja escalável. Neste sentido, popularizou-se a implementação de arquiteturas orientadas a microserviços, as quais decompõem uma aplicação por funções básicas e modularizadas. Assim, torna-se necessária a utilização de um barramento de serviços (*Enterprise Service Bus - ESB*). O ESB pode ser definido como um aparato de software que recebe e disponibiliza informações de serviços dos sistemas a ele conectados, arquitetado por meio do SOA (*Service-Oriented Architecture*).

Além do mais, é necessário estabelecer um padrão de formatação, a fim de que informações representadas em cada

um dos sistemas e dispositivos possam ser interpretadas pelas aplicações que as utilizam. O CIM (*Common Information Model*), originalmente desenvolvido pelo EPRI (*Electric Power Research Institute*) nos EUA, é definido como um conjunto de padrões para a representação de componentes de sistemas elétricos de potência.

Com o objetivo de solucionar questões inerentes a interoperabilidade entre sistemas, desenvolveu-se um barramento de dados denominado "Barramento de Microserviços CIM", responsável por gerenciar informações de aplicações diversas, que comunicam utilizando protocolos igualmente distintos, por meio da transformação das mensagens em objetos padronizados pelo conjunto de normas CIM.

### 1.1 Interoperabilidade

Segundo o NIST (2014) (*National Institute of Scientific Technology*), órgão responsável pela coordenação do processo de definição das normas e padrões dos sistemas de medição nos EUA, interoperabilidade é a "capacidade de duas ou mais redes, sistemas, dispositivos, aplicações ou componentes de funcionarem em conjunto e trocarem informações prontas para serem utilizadas, de forma segura, efetiva e com poucos ou nenhum impacto para o usuário". A interoperabilidade em empresas de energia permite a integração, a cooperação efetiva e a comunicação nos dois sentidos entre todos os elementos interconectados da rede elétrica. Prates (2011)

As vantagens da interoperabilidade entre dispositivos e sistemas são muitas. Em primeiro lugar, as novas tecnologias da indústria de energia (e afins), como geração distribuída, *microgrid* e operação remota de dispositivos de campo, requerem que diferentes equipamentos operem em conjunto. Em segundo lugar, ela é a chave para uma operação mais eficiente, barata e segura de redes de energia. Além disso, a interoperabilidade reduz o esforço de comissionamento, configuração, gestão e manutenção de equipamentos. Prates (2011)

A abordagem proposta pelo SOA atende aos requisitos de interoperabilidade, fornecendo aos clientes e serviços de baixo acoplamento, uma ampla comunicação entre si. A arquitetura tem como principal objetivo a conexão de serviços e aplicações independentes de plataformas e linguagens de programação e, para isso, é preciso padronizar utilizando uma única linguagem. A linguagem em questão é o XML, a qual é aceita em grande parte dos sistemas atuais, além de ser bastante fácil de ser integrada. L. W. K. San (2011)

É importante também destacar que Erl (2010) destaca dois tipos diferentes de SOA que foram desenvolvidos no decorrer do tempo. O primeiro foi desenvolvido para atender demandas de comércio eletrônico da década de 90, dessa forma, é focado nas tecnologias daquela época, nas quais se utilizavam protocolos que hoje são considerados ultrapassados, como o SOAP/XML. Com o passar do tempo surge uma nova abordagem, ocasionada pelas demandas contemporâneas, deixando de ser exclusivamente apenas uma integração e se tornando uma estratégia de soluções de software capaz de tornar as empresas mais aptas às

mudanças necessárias, acarretadas devido à volatilidade e aumento da quantidade dos dados.

### 1.2 CIM - Common Information Model

O CIM (*Common Information Model*) é um conjunto de padrões abertos para a representação de componentes de sistemas elétricos de potência. Originalmente desenvolvido pelo EPRI (*Electric Power Research Institute*) nos EUA, foi incorporado aos padrões definidos pelo IEC. O CIM é constituído por três normas, IEC 61970, IEC 61968 e 62325, com finalidades distintas:

- Facilitar a troca de dados operacionais das redes do sistema elétrico e organizações afins;
- Permitir a troca de dados entre aplicativos dentro de uma organização;
- Permitir a troca de dados do mercado de energia entre organizações. IEC (2013)

O CIM é definido na norma IEC 61968 como um "modelo abstrato de objetos de uma empresa envolvida em operações de concessionárias de energia. Ao prover um modo padronizado de representar os recursos do sistema elétrico de potência como classes, atributos e relacionamentos entre essas classes, o CIM facilita a integração de aplicações de software desenvolvidas de forma independente por diferentes fabricantes. O CIM facilita a integração definindo uma linguagem comum (semântica e sintaxe), permitindo a essas aplicações ou sistemas acessar dados públicos e trocar informações independentemente de como elas são representadas internamente.

O CIM é definido usando técnicas de modelagem orientada a objetos. De forma mais específica, as normas CIM usam notações UML (*Unified Modeling Language*) que definem o CIM como um grupo de pacotes. Cada pacote CIM contém um ou mais diagramas de classes que mostram graficamente todas as classes a ele pertencentes, além de seus relacionamentos. Cada classe é definida de forma textual em termos de seus atributos e relacionamentos". IEC (2013) Assim, o CIM permite que um elemento de rede seja modelado de diferentes formas em cada sistema a ser integrado, mas possua uma representação comum padronizada e inteligível por todas as aplicações.

### 1.3 Microserviços

Os microserviços são um estilo de arquitetura de software baseada na divisão dos sistemas em serviços leves e modularizados, capazes de executar uma regra de negócios bem definida e coesa, a partir de recursos igualmente individuais. N. Alshuqayran (2016). Por exemplo, cada microserviço pode ser responsável por uma funcionalidade específica do sistema de forma independente, desacoplando-o desde a interoperabilidade de cada um dos sistemas no qual a plataforma irá se comunicar (GIS, SCADA, OMS, etc), até a aplicação que será responsável por fornecer ao cliente final uma interface mantendo a simplicidade e recursos próprios.

Uma das principais características dos microserviços é o seu tamanho. Quanto menor o serviço, maior a maximização dos benefícios e minimização das desvantagens da arquitetura orientada a microserviços. P. F. M. Moreira (2015)

Dessa forma suas principais características são:

- Cada um de seus serviços são executados em um processo independente;
- Serviços comunicam-se entre si a partir de mecanismos simples (usualmente requisições HTTP (*Hyper-text Transfer Protocol*));
- A implantação de cada um dos serviços é independente;
- O gerenciamento de cada serviço é regido por outro serviço. D. Namiot (2014)

Em lado oposto, encontram-se os sistemas monolíticos, cujas funcionalidades estão apropriadas a uma única solução. A arquitetura de microsserviços apresenta as seguintes vantagens, em detrimento da arquitetura monolítica:

- Maior facilidade de ser compreendida por desenvolvedores iniciantes em um projeto;
- Facilita que desenvolvedores trabalhem independentemente;
- Possibilita que a aplicação seja implantada em vários módulos, ao invés de se fazer um *redesploy* de toda a aplicação. D. Namiot (2014)

## 2. DESENVOLVIMENTO

### 2.1 Visão Geral

O Barramento de Microsserviços CIM é uma ferramenta que busca suprir as necessidades de roteamento de serviços entre aplicações a partir de um ponto central de comunicação. Assim como os barramentos convencionais, o Barramento gerencia aplicações clientes e produtoras para que elas possam se comunicar de forma independente.

### 2.2 Arquitetura

O Barramento de Microsserviços é composto por dois módulos principais, o Módulo de Gestão e Configuração, que consiste na interface utilizada pelo gestor para dar manutenção na plataforma, e o Módulo de Interoperabilidade, que orquestra os fluxos de comunicação entre os sistemas disponíveis na companhia conectados à solução e seus consumidores.

A Figura 1 ilustra o diagrama de contexto da solução em questão e como ela se integra aos sistemas provedores e sistemas consumidores, de acordo com a demanda de integração de cada caso de uso em que a interoperabilidade entre sistemas é necessária.

### 2.3 Fontes de Dados Suportadas

Como mencionado anteriormente, o Barramento de Microsserviços CIM foi concebido de forma a abranger diversos sistemas diferentes. Pensando nisso, foram implementados módulos responsáveis por conectar a diversas plataformas, utilizando seus respectivos protocolos. A Tabela 1 detalha os tipos de fontes de dados suportadas pela plataforma, bem como o meio com o qual as conexões são estabelecidas.

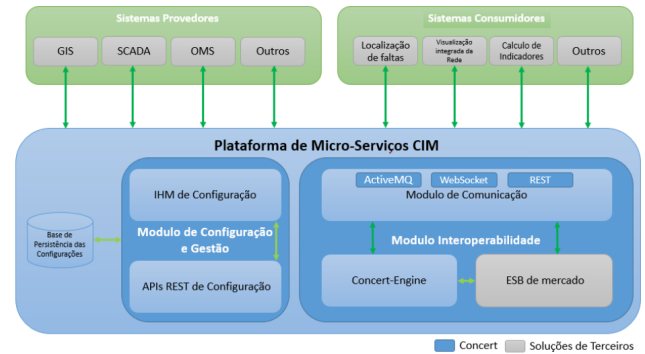


Figura 1. Arquitetura: Barramento de Microsserviços CIM

### 2.4 Conectores CIM

Os conectores CIM são a interface entre os sistemas a serem integrados e o Barramento de Microsserviços CIM. Cada sistema fornece os dados especificados, sendo então convertidos em uma mensagem padrão no formato XML (*Extensible Markup Language*). Esta mensagem é convertida através de um arquivo de transformação XSLT (*Extensible Stylesheet Language*), responsável por transmutar a resposta cedida pela fonte de dados em classes e atributos mapeados pelo modelo CIM. As mensagens transformadas passam por um processo de validação por um arquivo de perfil de extensão XSD (*XML Schema Definition*), na qual é averiguada a consistência do conteúdo de acordo com o padrão *Common Information Model*. Os Conectores CIM são importantes para manter a padronização do modelo CIM, uma vez que é o meio pelo qual os clientes definem as classes que a rede elétrica será modelada. A etapa de validação é fundamental para a padronização da representação das classes perante os padrões das normas IEC.

Por fim, os dados são disponibilizados para as aplicações destinatárias, com seu conteúdo mapeado em classes CIM e em mensagens nos formatos XML e JSON (*JavaScript Object Notation*).

A Figura 2 ilustra o fluxo de informações através do barramento.

### 2.5 Serviços de Mensagens

Um serviço de entrega de mensagens eficiente é crucial para a agilidade e confiabilidade da aplicação, devido ao seu papel na integração entre as partes de um sistema. A entrega de mensagens às aplicações consumidoras são feitas de duas formas: a primeira é a entrega ponto-a-ponto através de uma arquitetura produtor/consumidor, a segunda é pela transmissão a diversas entidades utilizando o modo publicador/assinante.

Tabela 1. Fontes de Dados Suportadas

Tipo de Fonte de Dados	Conexão
Banco de Dados	<i>String</i> de conexão
Arquivos .csv	Leitura de arquivos
Endpoints Web	Requisições REST
OPC UA	URL do servidor
OPC DA	Descrição do <i>host</i> e servidor
MQTT	Assinatura de um tópico

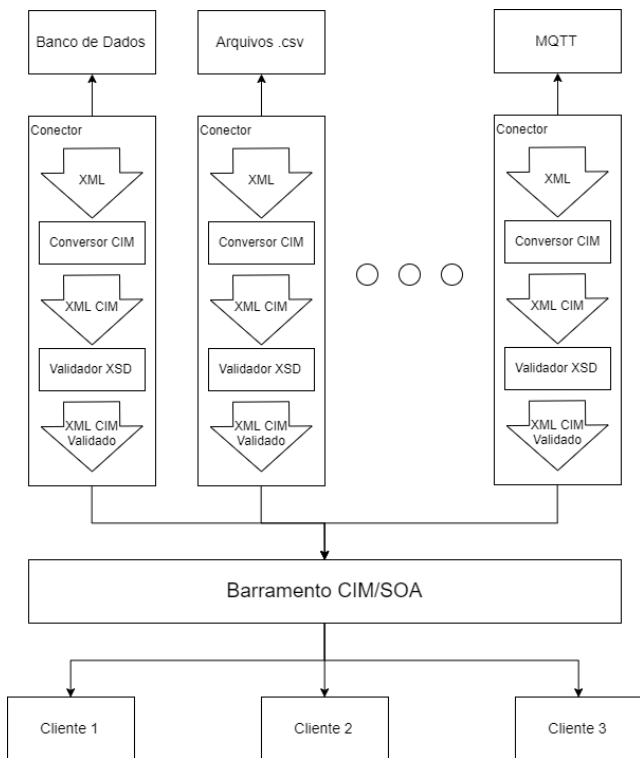


Figura 2. Fluxo de mensagens consumidas através do barramento

**Produtor/Consumidor** No domínio "produtor/consumidor" (também conhecido como ponto-a-ponto, ou PTP), a aplicação se baseia no conceito de filas de mensagens, remetentes e receptores. Cada mensagem é dirigida a uma fila específica para que os clientes extraiam mensagens das filas conforme a necessidade. As filas retêm todas as mensagens recebidas até que elas sejam consumidas ou até que elas expirem. A Figura 3 ilustra as principais características de um sistema PTP. Englander (2002)

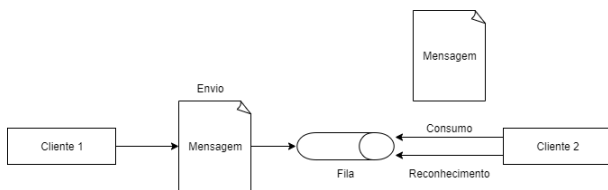


Figura 3. Domínio produtor/consumidor

Neste esquema tem-se que:

- Cada mensagem tem apenas um consumidor;
- Um emissor e um receptor de uma mensagem não têm dependências de tempo. O receptor pode buscar a mensagem imediatamente ou em outro momento a partir do instante em que um cliente envia uma mensagem;
- O receptor é notificado sobre o sucesso na entrega das mensagens.

**Publisher/Assinante** O "publicador/assinante" (em inglês, "publisher/subscriber"), é um domínio que possui duas maneiras de se inscrever mensagens a consumidores: por publicação em um tópico em um período de tempo específico ou por variação no valor em uma determinada variável.

No primeiro caso, os clientes direcionam mensagens a um tópico, semelhantemente a um quadro de avisos. Publicadores e assinantes não estão conectados diretamente, sendo o próprio sistema encarregado de distribuir as mensagens assinadas sob um tópico, oriundas de vários emissores para seus múltiplos assinantes. Neste caso, o barramento inspeciona uma variável para, após um período específico, publicar as mensagens com os dados acompanhados.

Já no segundo caso, a aplicação monitora os valores de uma dada variável. No momento em que estes valores mudam, a mensagem é transformada e publicada para os assinantes interessados. Englander (2002)

A Figura 4 ilustra as principais características de um sistema publicador/assinante.

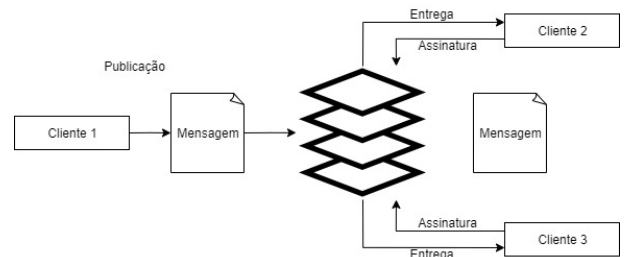


Figura 4. Sistema publicador/assinante

## 2.6 Simulador

Foi desenvolvida uma aplicação auxiliar para simular requisições ao Barramento de Microserviços CIM. Este utilitário atua como um cliente, conectando-se ao barramento através de um *link* TCP, bastando informar o endereço e porta do *host* e as credenciais de acesso, de forma a se identificar ao servidor como um *publisher* e *subscriber*.

A interface do simulador possibilita enviar e receber mensagens modeladas em CIM, tanto na forma de produtor/consumidor quanto publicador/assinante, bastando selecionar o nome do conector, o número de requisições a serem realizadas e os valores dos atributos de filtragem dos dados desejados.

A Figura 5 exibe o simulador implementado.

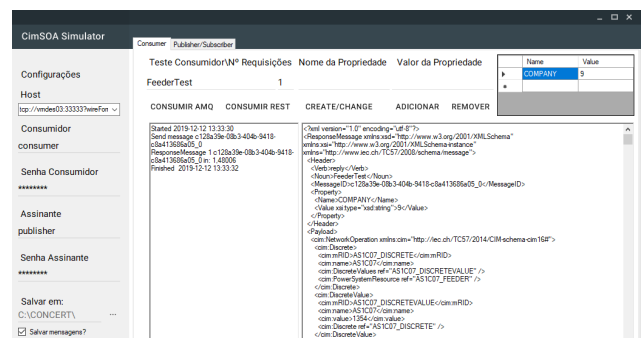


Figura 5. Simulador do Barramento de Microserviços CIM

## 3. RESULTADOS

A título de testes, desenvolveu-se um conector CIM capaz de modelar e gerar mensagens relativas aos dados de um

alimentador de distribuição, utilizando a interface homem-máquina implementada. Por fim, utilizou-se o simulador para consumir os dados e exibir a mensagem recebida.

Os dados modelados do alimentador encontram-se na Tabela 2:

Tabela 2. Modelagem do Alimentador

Campo	Classe CIM	Atributo CIM
Nome	<i>Feeder</i>	<i>name</i>
Código identificador	<i>Feeder</i>	<i>mRID</i>
Nº de clientes	<i>DiscreteValue</i>	<i>value</i>
Código da distribuidora	<i>OperatingParticipant</i>	<i>name</i>

Inicialmente, foram cadastrados o perfil de validação, a fonte de dados e o conector através da aplicação web. A Figura 6 exibe a interface implementada. As informações do alimentador estavam persistidas em uma base de dados. Dessa forma, foi necessário informar a *string* de conexão do banco e a *query* de seleção dos dados necessários.

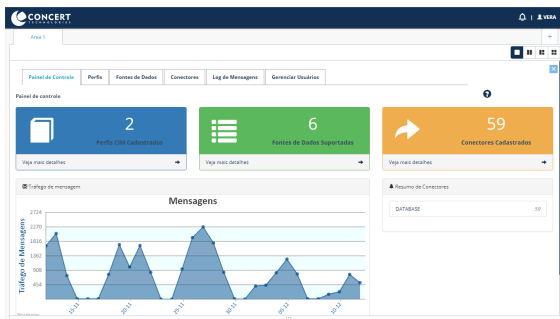


Figura 6. Interface do Barramento

Os dados foram consumidos pelo simulador, bastando indicar a URL do *host* do serviço, o nome do conector e seus respectivos parâmetros de filtragem. Para este caso de teste, foram buscados todos os alimentadores de uma companhia distribuidora. No total, foram recebidos dados de 467 alimentadores cadastrados no banco de dados, ocupando um total de 388kB de memória. Um trecho da mensagem transformada e recebida, referente a um único alimentador, pode ser observada a seguir:

```
"cim:Discrete":{
  "cim:mRID":"AS1C07_DISCRETE",
  "cim:name":"AS1C07",
  "cim:DiscreteValues":{
    "@ref":"AS1C07_DISCRETEVALUE"
  },
  "cim:PowerSystemResource":{
    "@ref":"AS1C07_FEEDER"
  }
},
"cim:DiscreteValue":{
  "cim:mRID":"AS1C07_DISCRETEVALUE",
  "cim:name":"AS1C07",
  "cim:value":"1234",
  "cim:Discrete":{
    "@ref":"AS1C07_DISCRETE"
  }
},
"cim:Feeder":{
```

```
  "cim:mRID":"AS1C07_FEEDER",
  "cim:name":"AS1C07"
},
"cim:OperatingParticipant":{
  "cim:mRID":"AS1C07_OPERATINGPARTICIPANT",
  "cim:name":"1",
  "cim:OperatingShare":{
    "cim:PowerSystemResource":{
      "@ref":"AS1C07_FEEDER"
    }
  }
}
}
```

Foi medido o tempo de processamento nas diferentes tarefas de disponibilização da mensagem, desde o recebimento da requisição até o envio da resposta. Estes dados podem ser vistos na tabela a seguir:

Tabela 3. Tempo de resposta de mensagem CIM

Passo	Tempo Processado	Tempo Total
Consulta ao banco de dados	00:00,844	00:00,844
Transformação da mensagem	00:00,219	00:01,063
Validação da mensagem	00:00,016	00:01,079
Envio da resposta	00:00,031	00:01,110

#### 4. CONCLUSÃO

O Barramento de Microserviços CIM foi concebido objetivando-se prover comunicação entre sistemas de forma padronizada e escalável, de forma que atenda às especificações de interoperabilidade determinadas pelo NIST. Isso se deve à disponibilização de um canal de comunicação padronizado, que suporta tanto os protocolos mais utilizados por sistemas e equipamentos de mercado, quanto disponibilizar meios de conexão para que outros dispositivos o utilizem para tráfego de dados, sem que os usuários tenham um grande esforço de integração.

Além disso, outro fator que contribui para a interoperabilidade é o fato do barramento utilizar o modelo CIM para troca de informações, uma vez que o padrão segue normas abertas e reconhecidas, além de abordar os dados em uma modelagem semelhante à de orientação a objetos, facilitando que sejam aplicadas e manipuladas por softwares convencionais, utilizando tecnologias e linguagens comumente utilizadas por desenvolvedores.

O Barramento atende às principais demandas dos sistemas orientados a microserviços. Isso se deve à sua arquitetura modular, aos seus meios de conexão e ao suporte às diversas fontes de dados, o que possibilita que diferentes aplicações (como sistemas GIS, SCADA, OMS, MDM, etc.) requisitem e disponibilizem informações sem que estejam acoplados a uma origem específica.

#### REFERÊNCIAS

D. Namiot, M.S.S. (2014). On micro-services architecture. *International Journal of Open Information Technologies*, 2, 24-27.

Englander, R. (2002). *Java and Soap*. O'Reilly & Associates, Inc., Sebastopol, CA, USA, 1st edition.

Erl, T. (2010). *Service-Oriented Architecture: Concepts, Technology, and Design*. Ed. Prentice Hall, Crawfordsville, Indiana, Estados Unidos da América.

- IEC (2013). Iec 61968 application integration at electric utilities - system interfaces for distribution management - part 11: Common information model (cim). Technical Report 2, International Electrotechnical Commission, Genebra, Suíça.
- L. W. K. San, M.A.P.A. (2011). Soa, interoperabilidade entre múltiplos sistemas. *Engenharia de Software Magazine*, 35, 7–17.
- N. Alshuqayran, N. Ali, R.E. (2016). A systematic mapping study in microservice architecture. In *2016 IEEE 9th International Conference on Service-Oriented Computing and Applications (SOCA)*, 44–51. doi:10.1109/SOCA.2016.15.
- NIST (2014). Nist framework and roadmap for smart grid interoperability standards, release 3.0. Technical report, National Institute of Standards and Technology.
- P. F. M. Moreira, D.M.B. (2015). Desenvolvimento de aplicações e micro serviços: Um estudo de caso. *IRE Transactions on Automatic Control*, 4(3), 209–215.
- Prates, P.S. (2011). O papel do common information model-cim na interoperabilidade do smart grid. *XXI SNPTEE Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica*.