

Arquitetura orientada a serviços baseada no RAMI4.0 para o compartilhamento da memória digital do produto ao longo da cadeia de suprimentos

Henrique Abrantes Vitoi

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Engenharia de Controle e Automação Mecânica

12 de setembro de 2020

Sumário

- 1 Introdução
- 2 Arquitetura
- 3 Ciclo de vida
- 4 Considerações finais

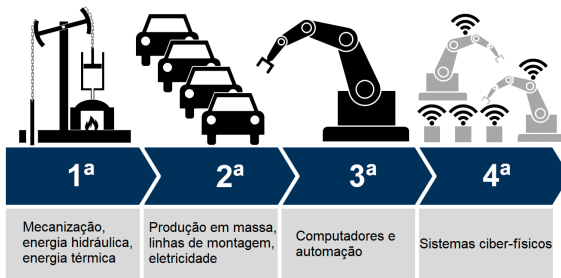
- Autor: Henrique Abrantes Vitoi
- Orientação: Prof. Dr. Fabrício Junqueira
- Coorientação: Prof. Dr. Paulo Eigi Miyagi
- Departamento de Engenharia Mecatrônica e de Sistemas Mecânicos

Contextualização

- Cenário intrinsecamente globalizado
- Necessidade de eficiência em troca de informações, serviços e mercadoria
- Eficiência logística
- Logística da informação

Mudança de paradigma na Indústria

Figura 1: As revoluções industriais.

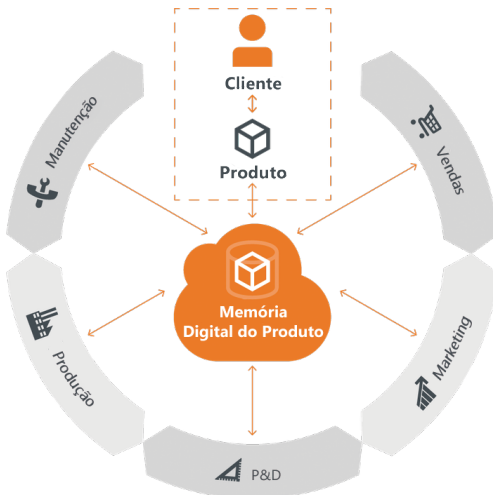


Princípios da I4.0:

- Interoperabilidade
- Transparência de informações
- Descentralização de decisões
- Assistência técnica

Memória digital do produto (MDP)

Figura 2: Coleta de dados do produto ao longo da cadeia de valores.



Objetivos do trabalho

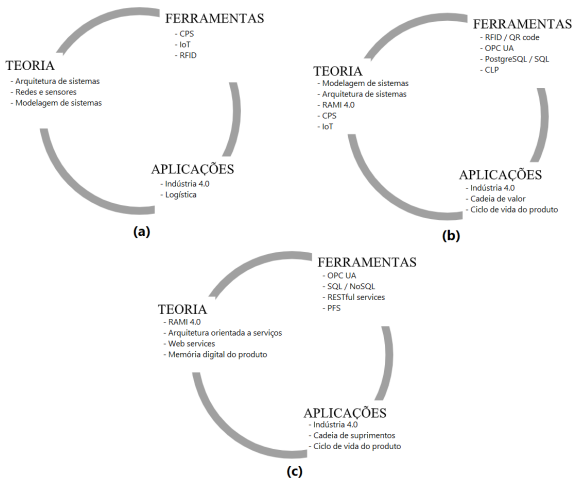
- Elaboração de uma arquitetura orientada a serviços baseada no RAMI4.0
- Arquitetura para o compartilhamento da MDP ao longo da cadeia de suprimentos
- Integração do conceito de MDP ao RAMI4.0
- Mapeamento das operações de um Web Service ao RAMI4.0
- Proposta de estruturação dos dados da MDP
- Considerações do compartilhamento de informações do produto sobre o ciclo de vida do produto

Contribuição do trabalho

- Refinamento do Modelo de Arquitetura de Referência para I4.0 (RAMI4.0)
- Padronização do formato de compartilhamento de informações dos ativos entre empresas
- Eficiência logística

Metodologia

Figura 3: Teorias, ferramentas e aplicações apontadas em diferentes fases do projeto de pesquisa.



Componentes e Operações da Arquitetura

- Arquitetura para o compartilhamento de informações do produto
- Garantir a interoperabilidade entre os membros da CS
- Compartilhamento de informações por meio de serviços (ou Web Services)

Componentes

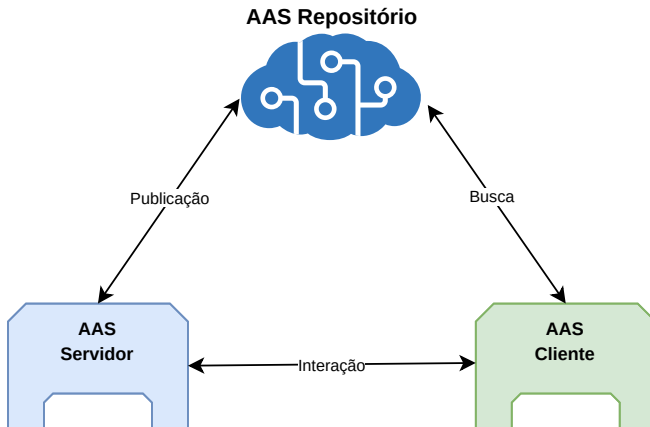
- 1 AAS Servidor
- 2 AAS Cliente
- 3 AAS Repositório

Operações

- 1 AAS Publicação
- 2 AAS Busca
- 3 AAS Interação

Dinâmica dos componentes e operações da arquitetura

Figura 4: Componentes e operações do WS.



Componentes

Tabela 1: Componentes da arquitetura para a I4.0.

Componente	Descrição
AAS Servidor	O AAS Servidor é a conexão direta com o ativo. Este AAS extrai as informações sobre seu ativo para sua própria MDP para que assim possam ser disponibilizadas na rede. Cada submodelo do AAS representa um conjunto de informações e serviços semelhantes agrupados.
AAS Cliente	O AAS Cliente é a parte que irá consumir as informações disponibilizadas pelo AAS Servidor. O cliente representa cada uma das partes envolvidas na cadeia de suprimentos. Pode representar uma instituição, uma pessoa física ou até mesmo uma outra máquina/produto.
AAS Repositório	O repositório é o componente que recebe, armazena e disponibiliza informações de descrição sobre todos os serviços disponíveis no mundo conectado. O AAS recebe operações de “publicação” por parte do AAS Servidor e operações de “busca” por parte do AAS Cliente. O Repositório não atua como canal de comunicação entre AAS Cliente e Servidor, mas apenas fornece informações necessárias para que ambos os AAS possam se comunicar diretamente por meio da operação de “interação”.

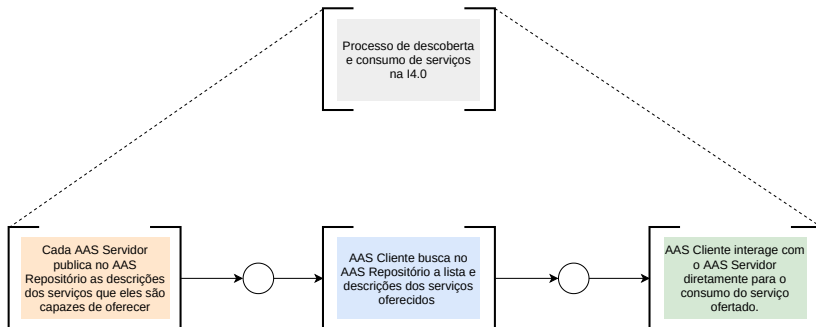
Operações

Tabela 2: Operações do WS para a I4.0.

Operação	Descrição
Publicação	Ação tomada pelo AAS Servidor sempre que este componente queira anunciar um serviço para que possa ser descoberto. Nesta operação, o AAS Servidor envia uma lista de seus serviços ofertados e a descrição de cada um desses serviços. Esta lista é recebida e armazenada pelo AAS Repositório, que a disponibiliza para acesso público.
Busca	Ação tomada pelo AAS Cliente sempre que este precisa consultar serviços de seu interesse. Nesta operação o AAS Cliente faz uma solicitação ao AAS Repositório com os parâmetros que definem o tipo e as restrições do serviço desejado. A operação de busca engloba também o fluxo contrário de informações, que é o envio da resposta da solicitação do AAS Repositório para o AAS Cliente.
Interação	Ação tomada pelo AAS Cliente sempre que este deseja invocar um serviço. O AAS Cliente estabelece uma conexão direta com o AAS Servidor e consome o determinado serviço solicitado. A operação de interação normalmente é feita após o recebimento da lista de descrição de serviços por parte do AAS Repositório, porém a interação pode ser feita diretamente caso o AAS Cliente já possua informações necessárias para o estabelecimento da conexão.

Componentes e Operações

Figura 5: Diagrama PFS das operações do WS.



Conteúdo da MDP - AAS Repositório

Tabela 3: Proposta de metamodelo para a MDP do repositório.

Propriedade	Descrição
ID do AAS servidor	Tem a função de distinguir exclusivamente os AASs provedores de serviços e todos seus elementos no mundo conectado da I4.0. Alguns tipos possíveis de identificadores são: IRDI, IRI e UUID. O ID do AAS servidor é uma referência ao AAS Repositório e a todos os demais AASs que solicitarem a descrição dos serviços.
ID do serviço	Identificação exclusiva do serviço para a sua identificação única entre todos os repositórios. O ID do serviço pode ser derivado do próprio ID do AAS servidor com identificações extra do ID dentro do AAS (E.g., ID.MODELO.SERVIÇO-001).
Descrição do AAS provedor	Breve descrição sobre o AAS servidor e suas funções.
Protocolos de comunicação e padrões de API	Definição dos protocolos de comunicação suportados pelo fornecedor daquele serviço, como, por exemplo, HTTP, MQTT, etc; assim como as especificações do padrão para a comunicação via API como, por exemplo, REST, SOAP, GraphQL, etc.
Formato de intercâmbio	Formato de arquivo de intercâmbio de informações. Ex.: json, xml, yaml, aasx, etc.
Timestamp da inserção do serviço no repositório	Data e hora de inserção do serviço ao repositório.
Indicação de disponibilidade	Chave booleana indicando se o AAS servidor atualmente suporta requisições. Esta propriedade pode estar desatualizada caso o AAS Servidor sofra uma falha de comunicação. Em outros casos, o AAS Servidor pode voluntariamente indicar ao repositório que temporariamente não processará solicitações de serviços.
Quality of Service (QoS)	A métrica de qualidade de serviço (QoS) fornece indicadores sobre a qualidade do serviço prestado por um determinado AAS. O tempo médio de resposta do serviço baseado no tempo de resposta observado por diversas requisições executadas e a disponibilidade do AAS quando solicitado são índices que contribuem para o QoS. Um índice para serviços de qualidade mais subjetiva pode ser criado baseado em avaliações de AAS Clientes que já consumiram o serviço.
Descrição do serviço	Descrição sobre o funcionamento do serviço juntamente com o tipo de resposta esperado.

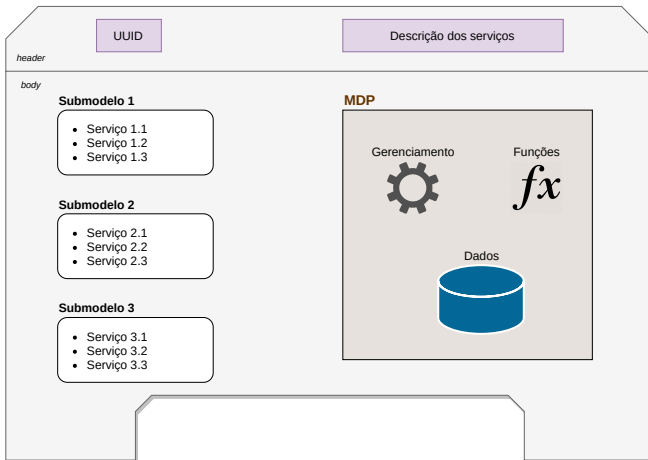
Conteúdo da MDP - AAS Servidor

Tabela 4: Proposta de metamodelo para a MDP do servidor.

Propriedade/Função	Descrição
ID do serviço	Identificação exclusiva do serviço para a sua identificação única entre todos os repositórios.
Extração de dados dos sub-modelos	Função que retorna os dados solicitados pelo serviço.
Organização dos dados	Funções de estruturação dos dados ao formato solicitado pelo serviço, nesta fase pode haver também funções de limpeza dos dados brutos extraídos dos submodelos.
<i>Quality of Service</i> (QoS)	Função para cálculo e armazenamento do índice de qualidade de serviço (QoS) com base em métricas sobre serviços já prestados e avaliações de AAS clientes que já consumiram o serviço.
Atualização da descrição do serviço no repositório	Função que envia ao repositório da empresa a descrição atualizada dos serviços.
Repositório	Referência ao repositório da empresa onde o ativo se encontra.

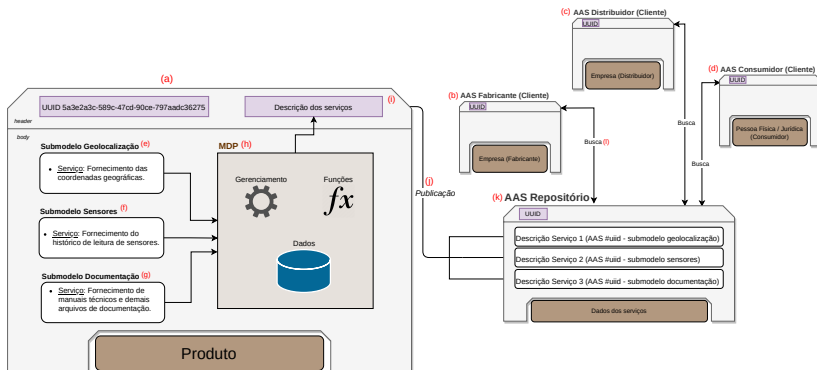
Detalhamento das partes do AAS

Figura 6: Estrutura do AAS com seus submodelos e a MDP.



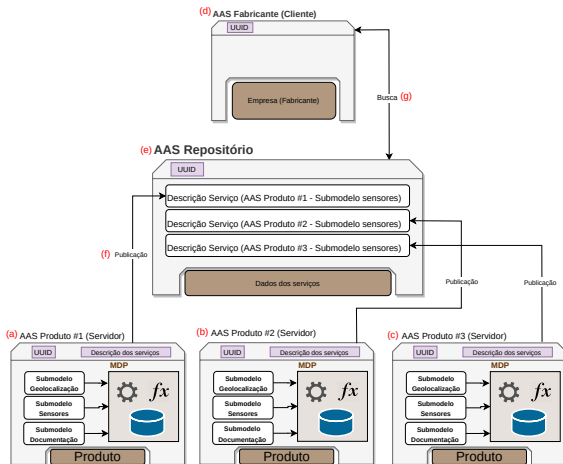
Dinâmica dos serviços - Múltiplos elos

Figura 7: Exemplificação das operações de publicação e busca com múltiplos clientes.



Dinâmica dos serviços - Múltiplos produtos

Figura 8: Exemplificação das operações de publicação e busca com múltiplos produtos.

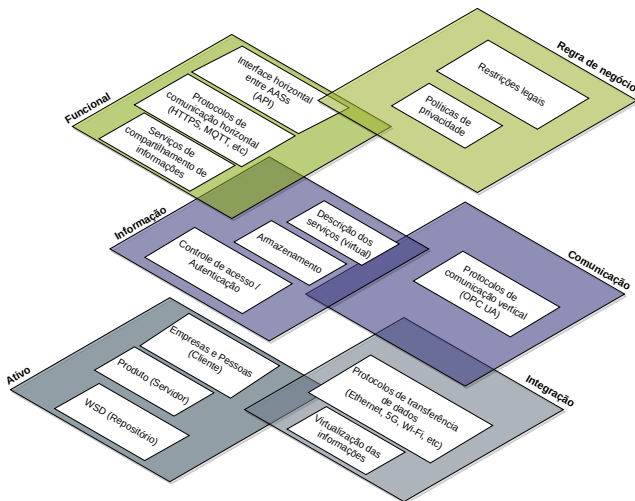


Descrição das camadas do RAMI4.0

- **Ativo:** Pessoas e empresas (cliente), produtos (servidor) e WSDs (repositório);
- **Integração:** Virtualização das informações, protocolos de transferência de dados (Ethernet, 5G, Wi-Fi, etc);
- **Comunicação:** Protocolos de comunicação vertical (OPC UA);
- **Informação:** Controle de acesso / autenticação, análise de dados, armazenamento, descrição dos serviços (virtual);
- **Funcional:** Serviços de compartilhamento de informações, protocolos de comunicação horizontal (HTTPS, MQTT, etc), interface horizontal entre AASs;
- **Regra de negócio:** Restrições legais, políticas de privacidade.

Descrição das camadas do RAMI4.0

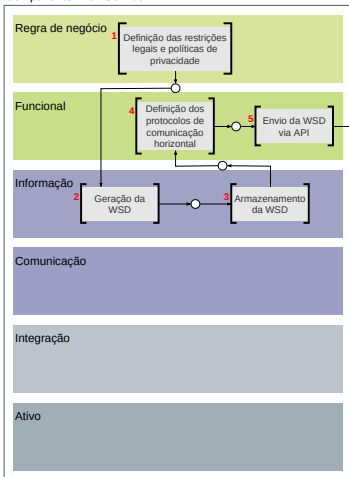
Figura 9: Camadas do RAMI4.0 com os elementos da arquitetura.



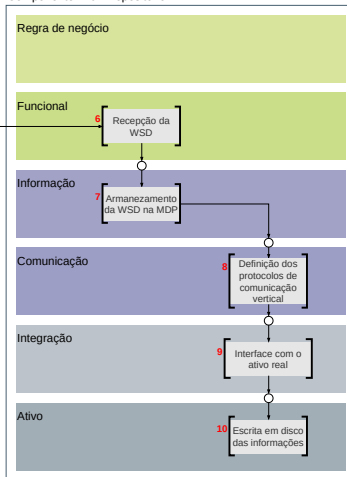
Mapeamento no RAMI4.0 - Publicação

Figura 10: Diagrama PFS da operação de publicação.

Componente I4.0 - Servidor

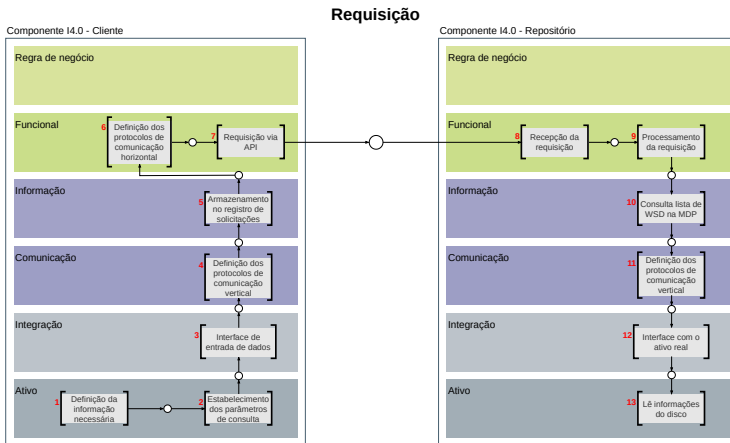


Componente I4.0 - Repositório



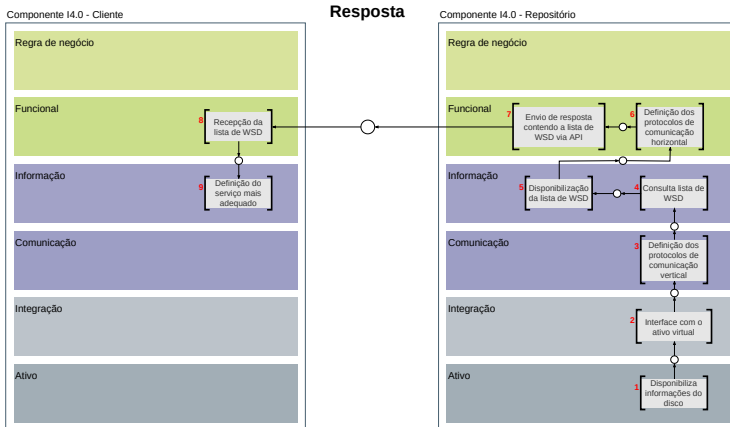
Mapeamento no RAMI4.0 - Busca (Requisição)

Figura 11: Diagrama PFS da requisição em uma operação de busca.



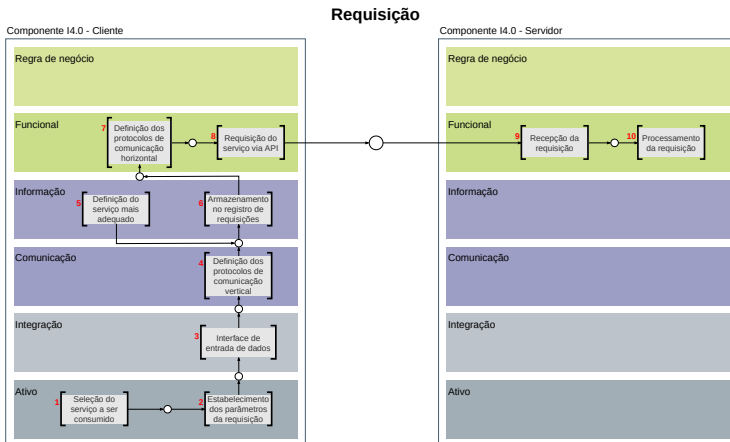
Mapeamento no RAMI4.0 - Busca (Resposta)

Figura 12: Diagrama PFS da resposta em uma operação de busca.



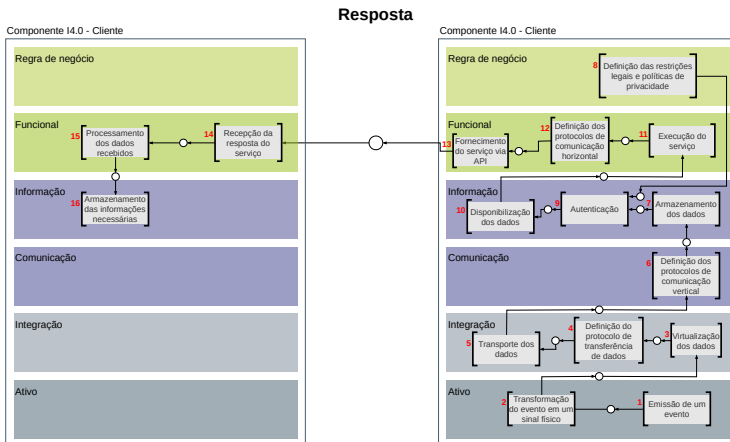
Mapeamento no RAMI4.0 - Interação (Requisição)

Figura 13: Diagrama PFS da requisição de um serviço em uma operação de interação.



Mapeamento no RAMI4.0 - Interação (Resposta)

Figura 14: Diagrama PFS da resposta de um serviço em uma operação de interação.

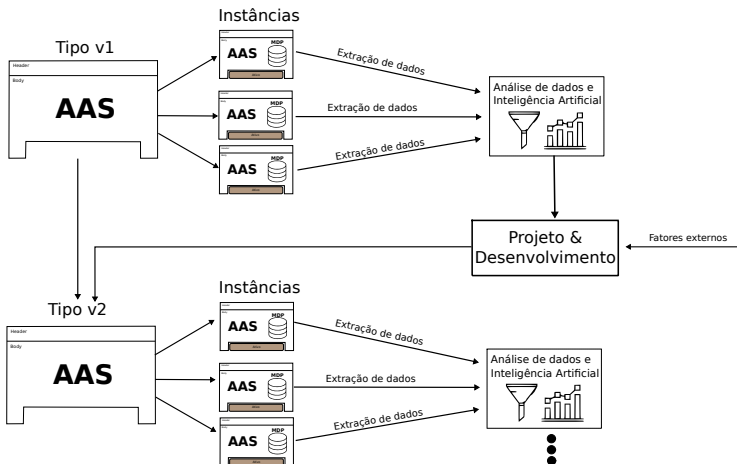


Ciclo de vida do produto

- Impacto do amplo compartilhamento da MDP ao longo da CS
- Surgimento de novos modelos de negócio baseados em dados (*data-driven*)
- Atribuições de cada AAS em sua fase “tipo” e sua fase “instância”

Extensão do ciclo de vida do produto segundo a I4.0

Figura 15: Ciclo de vida do produto.



A MDP na fase “tipo”

A análise de dados da MDP possibilita o aprimoramento do “tipo” do produto das seguintes maneiras:

- Identificação e reparo de falhas de projeto;
- Adição de novas funcionalidades ao produto;
- Melhoria da experiência do cliente/operador com o produto;
- Geração de indicadores de sustentabilidade.

Extração de informações pela MDP na fase “tipo”

Tabela 5: Possíveis informações e respectivos submodelos para o aprimoramento do projeto do produto.

Informação	Submodelo	Cliente	Leitura
Histórico de leitura de sensores dos componentes	Leitura de sensores	Fabricante / Técnico de manutenção	Automática (E.g, a cada 6 horas)
Índice de disponibilidade, eficiência e qualidade do produto	Eficiência Global do Equipamento (OEE)	Fabricante / Gestor	Automática, sob solicitação
Volume de emissão de gases do efeito estufa	Pegada ambiental	Fabricante / Consumidor	Automática
Consumo energético	Eficiência energética	Fabricante / Consumidor / Operador	Automática, a cada turno
Funcionalidades mais utilizadas	Dados de uso	Fabricante	Automática
Leitura de coordenadas geográficas	Geolocalização	Gestor / Distribuidor / Consumidor	Sob solicitação

A MDP na fase “instância”

A análise de dados da MDP traz benefícios às “instâncias” sem necessariamente alterar seu projeto (alterar seu tipo). Alguns benefícios são elencados a seguir:

- Manutenção do produto orientada por dados
- Eficiência logística e simplificação da logística reversa (reciclagem, acionamento da garantia, *recalls*, etc)
- Maior interação com as partes da cadeia de suprimentos

Extração de informações pela MDP na fase “instância”

Tabela 6: Possíveis informações e respectivos submodelos extraídos de “instâncias” de produtos.

Informação	Submodelo	Cliente	Leitura
Histórico de leitura de sensores dos componentes	Leitura de sensores	Fabricante / Técnico de manutenção	Automática
Leitura de coordenadas geográficas	Geolocalização	Gestor / Distribuidor / Consumidor	Sob solicitação
Manuais, notas fiscais, certificados de manutenção	Documentação	Gestor / Consumidor / Fabricante (escrita)	Sob solicitação

Considerações finais

- Refinamento do Modelo de Arquitetura de Referência para I4.0 (RAMI4.0)
- Padronização do formato de compartilhamento de informações dos ativos entre empresas
- Eficiência logística

Próximos passos

- Elaboração de informações a serem coletadas pelo MDP ao longo da MDP
- Definição de quais informações coletar e quando com base em referências bibliográficas
- Revisão das atividades necessárias para a comunicação entre os componentes do WS

Fim