



CIBERCOMPARTILHAMENTO DE LABORATÓRIOS PARA AULAS REMOTAS: UM CASO PMV NO SENAI-SP

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2024.4992

Autores: DANIEL BARBUTO ROSSATO, NATALIA LIMA DE OLIVEIRA, ISABELE LOURAINA LIMA DA SILVA, VINICIUS DE ANDRADE PIOVEZAN, HENRIQUE ALMEIDA NOGUEIRA, THIAGO TADEU AMICI, LUCAS TADEU MONTEIRO GUEDES FERNANDES SALOMAO

Resumo: Este artigo apresenta um caso MVP de sistema de compartilhamento cibernético para aulas remotas no SENAI-SP. É composto por um gerenciador de sistema e implantações de três níveis para compartilhamento cibernético de laboratórios mediante agendamento pelos usuários. A arquitetura de microsserviços é usada para permitir escalonamento, gerenciamento e modularização. O primeiro nível foi desenvolvido para ser utilizado como aula de demonstração do equipamento ou dispositivo que é monitorado por câmeras e espelhando o software dedicado da máquina. No segundo nível é possível ler variáveis e os alunos precisam ler um guia para realizar a atividade proposta. Um terceiro nível está em fase de desenvolvimento e é projetado para permitir a leitura e escrita de variáveis no dispositivo e alteração de programas e parâmetros de controladores programáveis.

Palavras-chave: cibercompartilhamento, aula remota, microsserviços, laboratório remoto

CIBERCOMPARTILHAMENTO DE LABORATÓRIOS PARA AULAS REMOTAS: UM CASO PMV NO SENAI-SP

1 INTRODUÇÃO

A ideia de laboratórios remotos surge praticamente em compasso com a Internet (BOHUS et al., 1996). Muitos casos podem ser encontrados na literatura; em geral, são desenvolvidos para aplicações específicas, como por exemplo, o JaNDER (PELLEGRINO et al., 2020) para teste de sistemas de potência no contexto de redes de energia (*smart grids*) com recursos distribuídos.

Recentemente, impulsionados pela demanda surgida com o isolamento imposto durante a pandemia do COVID-19, diversas instituições de curso técnico e superior precisaram adaptar suas tecnologias educacionais para as aulas práticas. Desta forma, foram incentivadas a reflexão e o desenvolvimento de diversas abordagens para o processo de ensino-aprendizagem neste contexto (COSTA JUNIOR et al., 2024).

A pandemia de COVID-19 se tornou um elemento catalisador, pois revelou a necessidade de aulas à distância, acesso remoto aos equipamentos e ambientes de realidade virtual para o desenvolvimento das aulas práticas. Diversos estudos e pesquisas foram feitos durante e pós-pandemia levantando reflexões acerca do ensino remoto, as condições necessárias por parte de entidades, docentes e alunos, bem como opiniões de estudantes a respeito da adoção destas modalidades de ensino (CARNEIRO et al., 2020) (GAMAGE et al., 2020) (MARTIN et al., 2021) (FLORES et al., 2022). Visando esclarecer as questões pertinentes ao desenvolvimento das aulas nesse período, a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) elaborou um roteiro para orientar as instituições de ensino quanto a respostas educativas à pandemia da COVID-19 (REIMERS; SCHLEICHER, 2020). No documento, destaca-se a necessidade de capacitação de docentes para habilidades técnicas e pedagógicas no uso das tecnologias digitais, disponibilização de softwares adequados, acesso à Internet para docentes e alunos com velocidade adequada, local silencioso para estudo fora do ambiente escolar, entre outros tópicos.

Nesta época, o SENAI-SP adotou as aulas remotas por meio de reuniões virtuais e uso de diversas ferramentas digitais de forma síncrona e assíncrona, tais como: Teams, Notebook, Forms, Mentimeter, Kahoot, Padlet, Miro, Moodle, Slido, Canva, Mindmeister, entre outras.

Para as aulas práticas em laboratório foram adotadas soluções mais imediatas, como visualização remota dos equipamentos por meio da transmissão de imagens de câmeras conectadas ao computador na reunião virtual e acesso remoto ao computador que se comunica com o equipamento do laboratório, usando ferramentas como AnyDesk e Windows Remote Desktop, sempre supervisionados pelo professor. Porém, sendo soluções paliativas, não eram adequadas em termos de segurança e infraestrutura física e digital.

Com o objetivo de manter uma formação profissional de alta qualidade alinhada às necessidades do mercado, a instituição deve se preocupar em manter seus laboratórios atualizados em termos de tecnologia e didática. Contudo, tendo em vista a rápida e constante evolução de recursos tecnológicos nos equipamentos industriais, a quantidade

de unidades de formação profissional a serem atendidas¹, os custos de investimento para aquisição de instrumentos, dispositivos e ferramentas (CAPEX), bem como custos de manutenção e operação (OPEX), esse objetivo se torna um desafio cada vez maior para o equilíbrio financeiro da instituição.

Neste artigo, serão mostradas as soluções que estão sendo desenvolvidas para as aulas práticas remotas no SENAI-SP, ainda em estágio de Produto Mínimo Viável (PMV), incluindo: o sistema de gerenciamento de ativos para cibercompartilhamento dos equipamentos em aulas remotas por meio de agendamento e a implementação de soluções em três níveis. No primeiro nível, há uma plataforma para aula remota de demonstração com a visualização do equipamento e instrumentação, conduzida por um docente. No segundo nível, é acrescentado o acesso do aluno às variáveis do equipamento, mas possibilitando apenas a coleta de dados. E no terceiro nível, o acesso do aluno é estendido tanto à leitura quanto escrita das variáveis bem como para a mudança de programa e parâmetros nos equipamentos do laboratório.

2 CIBERCOMPARTILHAMENTO NÍVEL 1

Em um primeiro momento, devido a pandemia, os docentes passaram a adotar diversas tecnologias digitais para aulas remotas, incluindo: reuniões virtuais, uso de câmeras para mostrar equipamentos, dispositivos e ferramentas, softwares de gamificação de ensino, entre outros.

Em particular, no SENAI Ipiranga, na área automobilística, foram realizadas transmissões em reunião virtual de aula a partir do Laboratório de Ensaios. O local possui um dinamômetro de chassi para testes de desempenho de veículos, onde as rodas do veículo são colocadas sobre rolos que podem girar livremente. Este equipamento exige a instalação no piso do laboratório, tendo restrições em relação ao espaço e vibrações. O dinamômetro possui um software para o monitoramento das variáveis do automóvel, como torque, velocidade e potência.

De modo a transmitir a demonstração deste equipamento nas aulas, o professor instalou uma câmera em frente ao veículo (câmera fixa) e usou a câmera do celular (câmera móvel) para visualização dos instrumentos do veículo. Por meio de um software de transmissão de vídeo gratuito e de código aberto, o OBS Studio (BECKMANN et al., 2024), o professor compartilhou as telas das câmeras e do software de forma síncrona em uma reunião virtual com os alunos, conforme pode ser visto na Figura 1.

Figura 1 – Transmissão das imagens do dinamômetro em aula virtual



Fonte: autores.

¹ Atualmente, o SENAI-SP possui 90 unidades de escolas fixas, com cursos de ensino de aprendizagem e técnico, e formação inicial e continuada, 8 faculdades em 19 unidades com curso superior e de pós-graduação para o público em geral, mais 78 escolas móveis para atendimento às empresas e comunidades.

Para a utilização dessas tecnologias e visualização do ativo, foi necessário ajustar a infraestrutura do laboratório, com a instalação de câmeras e pontos de rede. Porém, torna-se necessário um docente para preparar e administrar o ambiente de transmissão da aula, e outro para realizar a demonstração.

Com base nesta primeira experiência, foi desenvolvida uma página Web (Figura 2) hospedada em um servidor Apache em máquina virtual na nuvem. Inicialmente, está sendo utilizado o serviço de máquina virtual da CloudFlare devido a questões de custo. Porém pretende-se migrar para a plataforma Azure por facilidades contratuais. Foram criados *scripts* em Python para, de forma automatizada, ligar as câmeras e apresentar na tela as imagens do veículo, instrumentos e telas do software. Desta forma, não se torna mais necessário um docente adicional durante a aula. Os dados das câmeras são enviados via protocolo RTSP para o servidor. Foi utilizado o roteador de mídia gratuito e de código aberto MediaMTX (ROS, 2024) para converter o *streaming* de vídeo de RTSP para WebRTC a fim de ser facilmente aberto em navegadores Web.

Figura 2 – Página Web para aula remota de demonstração



Fonte: autores

2 GERENCIAMENTO DE ATIVOS CIBERCOMPARTILHADOS

A partir desse momento, buscou-se soluções para expandir o uso compartilhado dos laboratórios da rede SENAI-SP, por meio da implementação de um sistema de gerenciamento de ativos, de modo a incluir outros laboratórios, permitir aulas assíncronas, e agendamento prévio.

Para o desenvolvimento de uma solução própria, foi realizada uma pesquisa tanto em produtos comerciais quanto de pesquisa. A solução Remote Lab (ACROME, 2021), por exemplo, solicita o cadastro de usuário por e-mail e senha para acesso ao laboratório remoto que possui um helicóptero de um grau de liberdade e uma mesa de equilíbrio de esfera, ou seja, problemas de controle de eixos comandados por servomotores. O equipamento utiliza um minicomputador para permitir o acesso remoto e realizar o cálculo dos algoritmos de controle de forma embarcada.

Existem dois níveis neste sistema: o primeiro é a demonstração, onde é possível visualizar o diagrama de blocos do sistema de controle e mudar os valores de referência e parâmetros dos controladores. Por meio da imagem de uma câmera, pode-se observar o funcionamento do equipamento. No segundo nível, é possível desenvolver o próprio algoritmo de controle usando o software Matlab/Simulink no computador local a partir de um *template* fornecido em .slx, gerar o código a ser executado e embarcar diretamente no minicomputador do laboratório de forma remota, por meio de endereço IP, usuário e senha.

Com base nas pesquisas realizadas, iniciou-se o desenvolvimento a plataforma de Gerenciamento de Ativos Cibercompartilhados (GAC) do SENAI-SP. Conforme informações da própria página, ela “permite a gestão integrada de plantas educacionais, salas especiais e laboratórios, possibilitando o agendamento, alocação de recursos, controle de manutenção, acompanhamento de ocupação e gestão do inventário”.

A página inicial mostrada na Figura 3, solicita o acesso ao sistema, permitida apenas a docentes e alunos cadastrados. Para realizar o cadastro, é necessário inserir informações de nome, e-mail, senha, número de identificação na instituição e o cargo, se professor, aluno ou visitante. O cadastro é validado pelo administrador do sistema. Devido ao projeto estar em um estágio de PMV, no momento apenas os docentes e especialistas possuem acesso.

Figura 3 - Página inicial do GAC

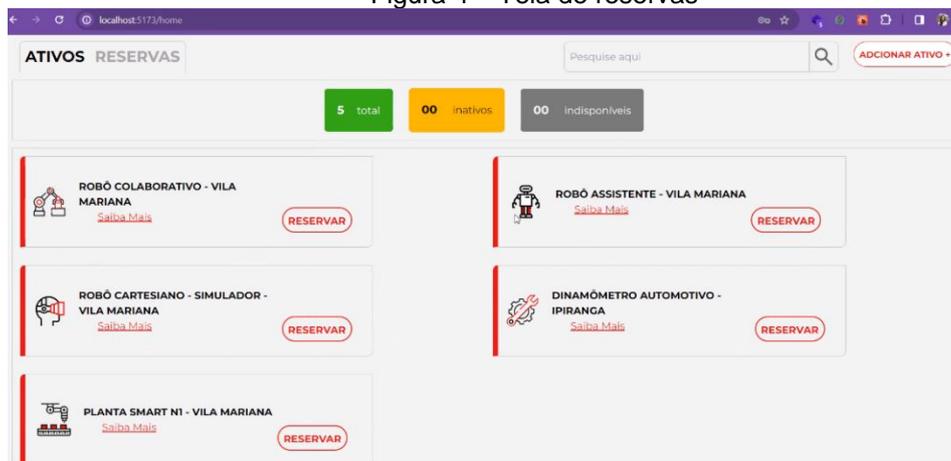


Fonte: autores.

Para o desenvolvimento do *front-end* das páginas em HTML foram utilizadas as bibliotecas gratuitas e de código aberto React Javascript (META PLATFORMS, 2022) e de CSS Tailwind (WATHAN et al., 2024) de modo a fornecer uma interface dinâmica, moderna, responsiva e compatível com os atuais navegadores desktop e mobile. Os códigos em *back-end* foram desenvolvidos em Node.JS com framework Express para realizar as integrações. Optou-se por uma arquitetura de microsserviços em contêiner para separar o código *front-end* do *back-end*.

Após realizar o acesso (*login*), é possível administrar as reservas conforme mostra a tela na Figura 4. São apresentados os ativos disponíveis atualmente e de qual unidade do SENAI. Clicando na aba “Reservas”, é possível verificar as reservas já realizadas.

Figura 4 – Tela de reservas

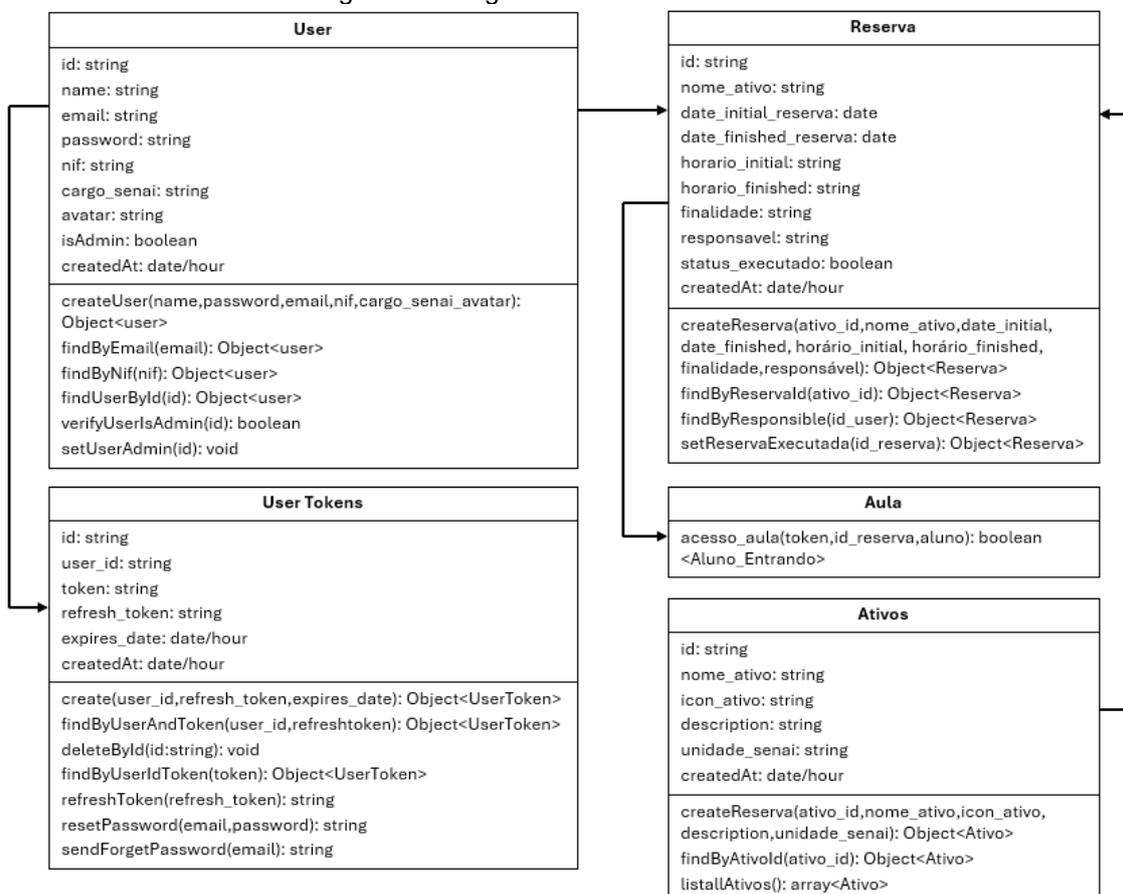


Fonte: autores.

A aprovação das reservas somente é realizada pelo coordenador de área responsável pelo laboratório da unidade. Na data e hora prevista pela reserva, o acesso ao equipamento é liberado. Para lidar com imprevistos, um técnico de laboratório fica disponível para acompanhamento durante o acesso remoto ao equipamento.

Todas as informações da reserva são armazenadas em um servidor de banco de dados MySql (ALFF et al., 2023) por meio de APIs. A Figura 5 mostra o diagrama de classes, com os dados sobre o usuário, a reserva, os ativos e os métodos em APIs.

Figura 5 – Diagrama de classes da reserva



Fonte: autores

3 CIBERCOMPARTILHAMENTO NÍVEL 2

Em um próximo passo, foi desenvolvido um sistema para aula assíncrona, em uma forma de compartilhamento denominado nível 2, ou seja, possibilita a visualização do equipamento e a coleta (leitura) das variáveis do processo.

O primeiro equipamento a ser integrado em nível 2 foi a “Planta Smart N1”, uma planta didática para automação industrial produzida pela Exxer, localizada no SENAI da Vila Mariana, mas com réplicas dessa planta também em outras unidades (Figura 6).

Figura 6 – Vista geral da Planta Smart N1



Fonte: CARVALHO, 2022

A planta Smart N1 reproduz um processo de fabricação com identificação por etiquetas *Radio-Frequency IDentification* (RFID) e separação de peças conforme a sua cor. Essa planta possui uma câmera IP para visualização do processo e um Controlador Lógico Programável (CLP) para leitura dos sinais de entrada e comando dos sinais de saída conforme a lógica programada.

O equipamento é construído com medidas de segurança de máquinas conforme a Norma Regulamentadora (NR) 12 (MARINHO, 2019). Os dois atuadores elétricos são movidos por servomotor e foram instalados atuadores pneumáticos e ventosa para realizar o transporte das peças. A esteira e a furadeira possuem motores de corrente contínua. A separação de peças para as rampas utiliza atuadores pneumáticos comandados por terminal de válvulas com conexão IO-Link.

A posição do atuador é sinalizada por sensores magnéticos. Sensores óticos retrorreflexivos e de barreira com fibra ótica são usados para detectar a passagem da peça. É utilizado um sensor para detecção de cor e um sensor RFID para identificação da peça. Uma placa com microcontrolador ESP32 é usada para a leitura e gravação dos dados na etiqueta RFID por meio do sensor.

Para essa planta, além da visualização do processo pela câmera IP, é possível realizar a coleta dos dados do processo. Um programa padrão no CLP realiza a lógica do processo e envia os dados por protocolo OPC-UA (*Open Platform Communications* -

Unified Architecture) para um computador do laboratório que, por sua vez, envia os dados para um *broker* MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*) gratuito e de código aberto, o Mosquitto (ROGER LIGHT, 2023), em um contêiner na nuvem.

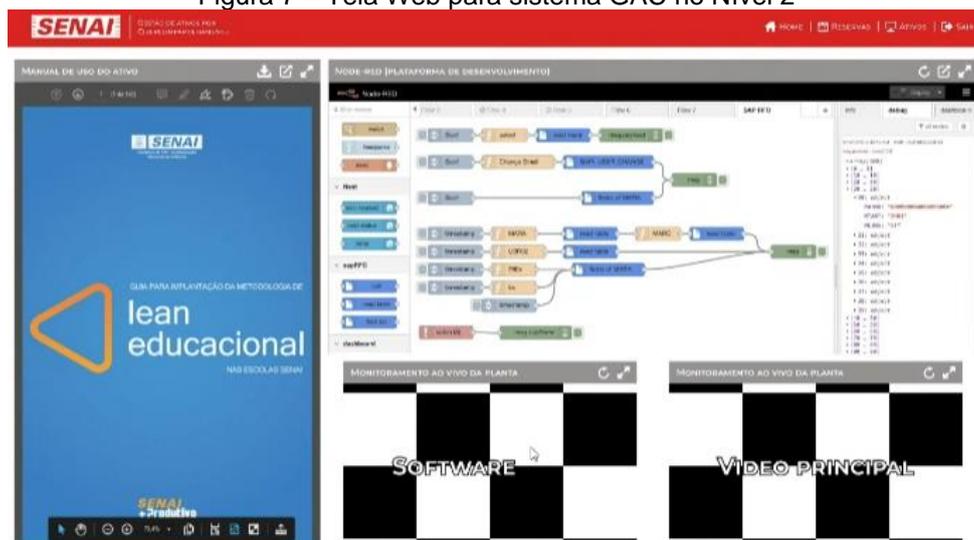
O protocolo OPC-UA foi desenvolvido em 2006 para ser um padrão aberto de comunicação entre dispositivos de automação industrial, bem como com dispositivos de TI, independentemente de fabricante ou sistema operacional, com recursos de segurança, como criptografia, autenticação e auditoria (MAHNKE; LEITNER; DAMM, 2009).

Já o protocolo MQTT (BANKS; GUPTA, 2014) foi desenvolvido em 1999 como um padrão aberto e leve para transferência de pequena quantidade de dados na Internet, usando a porta TCP 1883, se tornando ideal para aplicações de Internet das Coisas (*Internet of Things* – IoT) e Máquina-a-Máquina (*Machine-to-Machine* – M2M). Usa arquitetura produtor-consumidor (*publisher-subscriber*), necessitando de uma central de mensagens (*broker*) para armazenar os dados publicados, organizados em tópicos.

Os tópicos desta aplicação são pré-definidos e possuem uma política de acesso para usuários: administrador, professor e aluno. São utilizados os tópicos: *main/central/values/{}* para leitura das variáveis (acesso de aluno, professor e administrador), *main/central/commands/store* para escrita de variáveis (acesso de professor e administrador), *main/central/feedback* para informações em geral do processo (acesso de administrador).

O sistema de gerenciamento de ativos por cibercompartilhamento disponibiliza uma página Web para acesso ao equipamento conforme mostra a Figura 7. No lado esquerdo, é fornecido um documento PDF com instruções para o aluno. Este documento é elaborado conforme o Plano Pedagógico de Curso (PPC) e a ementa da unidade curricular, fornecendo um roteiro para execução de um desafio mediante uma situação-problema visando a mobilização de capacidade técnicas e sociais previstas na unidade curricular para a formação da competência prevista na formação do aluno. Está em processo de implementação uma opção para o professor desenvolver o roteiro da atividade e postar o documento neste espaço.

Figura 7 – Tela Web para sistema GAC no Nível 2



Fonte: autores

Na janela superior à direita, é disponibilizado uma tela para acesso a um software gratuito de código aberto com programação baseada em fluxo, para conectividade, o Node-RED (O’LEARY, 2024). Por meio dele, o aluno pode acessar os dados do broker

MQTT, montar um painel de indicadores (*dashboard*) e se conectar com plataformas e aplicações na nuvem, como TagIO, AWS, entre outros. Atualmente, o Node-RED está montado em um contêiner na nuvem. Porém está em processo de implementação o uso de um sistema de código aberto para gerenciamento e escalonamento de aplicações em contêineres, o Kubernetes/K8s (CLOUD NATIVE COMPUTING FOUNDATION, 2024) para instanciar automaticamente os contêineres permitindo o acesso simultâneo de vários alunos ao sistema.

A janela inferior à direita é reservada para apresentação da imagem do equipamento por meio de link com a câmera IP. Assim como no cibercompartilhamento nível 1, é utilizado um contêiner na nuvem com MediaMTX para converter o streaming de vídeo do protocolo RTSP para WebRTC, permitindo visualização em navegadores Web.

4 CIBERCOMPARTILHAMENTO NÍVEL 3

Por fim, em fase de finalização, está sendo desenvolvido um sistema para cibercompartilhamento em nível 3, isto é, permitindo tanto leitura quanto escrita nas das variáveis, bem como a elaboração e envio do programa para o dispositivo que realiza o controle do equipamento, como por exemplo, um CLP.

Para uma primeira implementação, foi escolhido uma planta didática de automação de processo produtivo, a Planta Smart N2, composta por quatro módulos: estoque, processo, montagem e expedição (Figura 8). Esta planta dispõe de diversas tecnologias de automação para integração entre sistemas utilizando conceitos de Indústria 4.0, tais como: comunicação dos dispositivos de automação via rede industrial Profinet; CLP com cartão de rede “Siemens S7-1200”; Interface Humano-Máquina (IHM) em rede “Siemens KTP700”; software supervisorio (*Supervisory Control and Data Acquisition – SCADA*) “Eclipse E3”; software de gestão, otimização e controle da produção “Eclipse F4”; robô colaborativo “Universal Robots UR3e”; sistema de realidade aumentada “Schneider AOA”; software de comissionamento virtual “Ext Lab Simulator”; website de loja para realização e acompanhamento de pedidos; gerenciador de estoque por meio de tags RFID nos produtos, banco de dados relacional e software de supervisão “Siemens WinCC”; sistema de conectividade com dispositivos de automação e plataformas de nuvem “Node-RED”.

Figura 8 - Visão geral da Planta Smart N2

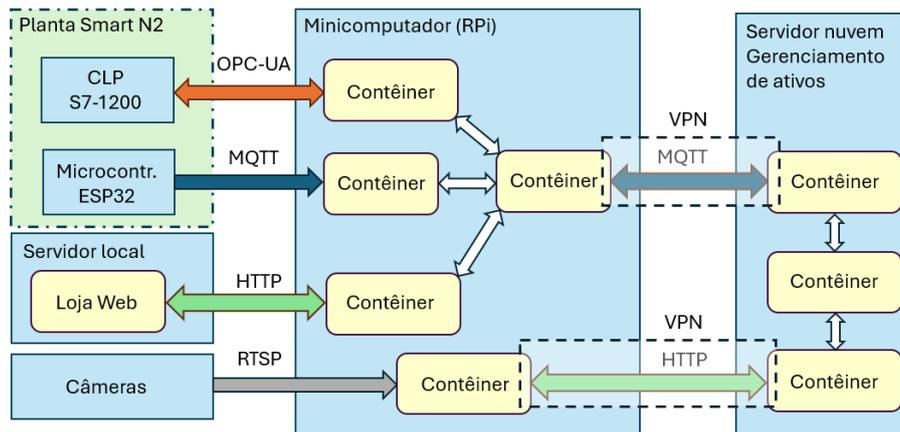


Fonte: LUIZ NETO, 2022.

Neste caso, para implementação do cibercompartilhamento em nível 3, foi implementada uma estrutura de hardware e software conforme pode ser visto na Figura 9. Foi utilizado um minicomputador (Raspberry-Pi) como central de cibercompartilhamento usando Linux Ubuntu e uma arquitetura de microsserviços com *docker* e contêineres. Usando um contêiner programado em Python, a leitura e escrita de variáveis no CLP é realizada usando o protocolo OPC-UA. A comunicação para escrita e leitura das variáveis do microcontrolador ESP32 é realizada em outro contêiner usando protocolo MQTT. As imagens das câmeras são coletadas em um terceiro contêiner. Informações a respeito dos pedidos realizados na loja para serem fabricados pela planta automatizada, bem como sobre os produtos já fabricados e que aguardam destinação no estoque, são obtidas por um cliente HTTP no contêiner.

Usando uma máquina virtual como servidor na nuvem, com *docker* e contêineres, esses dados podem ser acessados para escrita ou leitura via protocolo MQTT e compartilhados na tela Web para o usuário (professor ou aluno).

Figura 9 – Diagrama de cibercompartilhamento em nível 3



Fonte: autores.

Para mitigar riscos de segurança, os dados entre o servidor na nuvem e o equipamento local trafegam em uma rede privada virtual (*Virtual Private Network – VPN*). Está sendo utilizado o Tailscale (CRAWSHAW et al., 2024) para este tunelamento. O Tailscale libera e bloqueia o acesso ao túnel conforme horário programado e usuário. A segregação da conta do Tailscale é feita por unidade escolar que compartilha o recurso. Na rede local é realizado um *portforward* na mesma VLAN do equipamento.

Atualmente, a programação da lógica do controlador é realizada pelo aluno em computador local e descarregado via Internet para o equipamento. Com isso, cada aluno ou professor necessita do software instalado em seu computador com a respectiva licença. Ao migrar para a nuvem, pretende-se utilizar uma área de trabalho com acesso ao software (*workspace*). Para garantir a segurança dos equipamentos, um bloco de programa do acionamento dos atuadores é fornecido para a realização de intertravamentos com vistas a evitar colisões acidentais.

Também neste nível, temos um documento com as situações de aprendizagem no ambiente, com diferentes tarefas em diferentes níveis, para abordar as capacidades técnicas previstas nos planos de curso. Em breve, haverá opção disponível para o professor criar um desafio personalizado de uma situação de aprendizagem.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O sistema de cibercompartilhamento está em fase de projeto para viabilidade, ou seja, produto mínimo viável (PMV). Neste sentido, foram realizadas pesquisas e foram exploradas tecnologias, chegando-se a obter uma solução viável. Com base nos resultados obtidos, as seguintes observações foram levantadas e merecem análise para realização de melhorias visando a escalabilidade, segurança e a definição de uma taxonomia de tecnologias de cibercompartilhamento.

Em relação à segurança, serão implementadas as medidas de segurança nos protocolos de comunicação: criptografia e autenticação no OPC-UA por usuário e senha e criptografia e autenticação no MQTTS com certificados. Ou seja, no caso do MQTT, será utilizado o TLS sobre o MQTT, nomeadamente MQTTS que utiliza a porta TCP 8883. Também serão testadas diferentes tecnologias de rede, como IPv6 com IPsec e implementação de roteador e firewall para cada rede de cada laboratório. Além disso, serão implementados logs para rastreamento e auditoria.

Em relação à escalabilidade, será implementado uma estrutura de rede virtual em plataforma de nuvem, com *load balancers* e direcionamento de portas para gerenciamento de tráfego de rede, serviços de escalonamento automático, usando *kubernetes* para gerenciamento das instâncias de contêineres, e serviços de mensageria para funcionamento dos serviços em nuvem de forma desacoplada.

A definição de uma taxonomia para sistemas de cibercompartilhamento de laboratórios visa explorar as possíveis características presentes nesse tipo de solução. Seguem alguns critérios que podem ser observados: a arquitetura do sistema, a interatividade com o equipamento, o nível de virtualização (presencial, remoto, virtual, híbrido, gêmeo digital etc.), o nível de monitoramento e suporte, tecnologias de conectividade, a maturidade tecnológica, ferramentas síncronas e assíncronas, tipos de tarefas (roteiros), limitações de acesso, formas de disponibilização do equipamento, acessibilidade, usabilidade, registros (logs), entre outros. Cada um desses critérios deve ser levado em consideração para melhorias do sistema, bem como para análise e comparação entre soluções.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo mostrou os principais avanços realizados no SENAI-SP na busca de um sistema de gerenciamento de ativos para aulas remotas. As soluções foram divididas em três níveis, sendo o primeiro nível apenas para transmissão de uma aula remota por meio de demonstração do professor, um segundo nível para leitura das variáveis do ensaio do processo e um terceiro nível para maior interação com o equipamento, permitindo a alunos e professores comandarem o ativo didático, bem como alterarem o programa de dispositivos programáveis.

Desta forma, mostrou-se uma solução mínima viável para que alunos e professores possam acessar equipamentos de laboratório conforme a disponibilidade do ativo mediante agendamento, desde que tenham uma conexão à Internet para acesso a plataforma GAC. Esse método possibilita que mais unidades possam ofertar cursos sem a necessidade de um alto investimento em laboratórios de uso específico.

Os próximos passos envolvem migrar todo o sistema em arquitetura de microsserviços para a nuvem, aprimorando as questões de segurança e escalabilidade. Em seguida, pretende-se realizar testes com especialistas, professores e alunos a fim de obter impressões para melhorias, usando metodologias adequadas para esse fim.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto SENAI de Tecnologia pelo apoio no desenvolvimento do projeto e à Faculdade SENAI São Paulo pelo apoio ao grupo de pesquisa em Engenharia Elétrica, Eletrônica, Automação e Reindustrialização.

REFERÊNCIAS

ACROME. **Acrome Remote Lab Quick Start**. 2021. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=77I8tvndKfY>>. Acesso em: 15 mar. 2024.

ALFF, M. et al. **MySQL Server**. Oracle, nov. 2023. Disponível em: <<https://github.com/mysql/mysql-server>>. Acesso em: 21 mar. 2024

BANKS, A.; GUPTA, R. (EDS.). **ISO/IEC 20922:2016 - Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) v3.1.1**. OASIS Standard, 29 out. 2014. Disponível em: <<http://docs.oasis-open.org/mqtt/mqtt/v3.1.1/mqtt-v3.1.1.html>>. Acesso em: 3 maio. 2024

BECKMANN, S. et al. **OBS-Studio**. OBS Project, , maio 2024. Disponível em: <<https://github.com/obsproject/obs-studio>>. Acesso em: 6 maio. 2024

BOHUS, C. et al. Running Control Engineering Experiments Over the Internet. **IFAC Proceedings Volumes**, 13th World Congress of IFAC, 1996, San Francisco USA, 30 June - 5 July. v. 29, n. 1, p. 2919–2927, 1 jun. 1996.

CARNEIRO, L. et al. Uso de tecnologias no ensino superior público brasileiro em tempos de pandemia. **Research, Society and Development**, v. 9, 5 jul. 2020.

CARVALHO, L. M. **XL4001**: planta didática de Indústria 4.0. Santa Rita do Sapucaí: Exsto Labtronix, 2022.

CLOUD NATIVE COMPUTING FOUNDATION. **Kubernetes (K8s)**. Cloud Native Computing Foundation, abr. 2024. Disponível em: <<https://github.com/kubernetes/kubernetes>>. Acesso em: 26 abr. 2024

COSTA JUNIOR, A. G. DA et al. (EDS.). **Práticas pedagógicas remotas em Engenharia: fundamentos e estudos de casos**. São Paulo, SP: Blucher, 2024.

CRAWSHAW, D. et al. **Tailscale**. Tailscale, abr. 2024. Disponível em: <<https://github.com/tailscale/tailscale>>. Acesso em: 26 abr. 2024

FLORES, M. A. et al. Portuguese higher education students' adaptation to online teaching and learning in times of the COVID-19 pandemic: personal and contextual factors. **Higher Education**, v. 83, n. 6, p. 1389–1408, 2022.

GAMAGE, K. A. A. et al. Online Delivery of Teaching and Laboratory Practices: Continuity of University Programmes during COVID-19 Pandemic. **Education Sciences**, v. 10, n. 10, p. 291, 19 out. 2020.

LUIZ NETO, G. **XL4002**: planta didática de Indústria 4.0. Santa Rita do Sapucaí: Exsto Labtronix, 2022.

MAHNKE, W.; LEITNER, S.-H.; DAMM, M. **OPC Unified Architecture**. Berlin Heidelberg: Springer, 2009.

MARINHO, R. S. NR-12. Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos. **Portaria SEPRT nº 916**. 30 jul. 2019.

MARTIN, A. J. et al. **Remote Electronic Engineering Teaching during Lockdown: Lessons Learned**. 2021 1st Conference on Online Teaching for Mobile Education (OT4ME). **Anais...** Em: 2021 1ST CONFERENCE ON ONLINE TEACHING FOR MOBILE EDUCATION (OT4ME). Alcalá de Henares, Spain: IEEE, 22 nov. 2021. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/9638848/>>. Acesso em: 15 mar. 2024

META PLATFORMS. **React**: the library for web and native user interfaces, jun. 2022. Disponível em: <<https://github.com/facebook/react?tab=readme-ov-file>>. Acesso em: 19 abr. 2024

O'LEARY, N. **Node-RED**. OpenJS Foundation, abr. 2024. Disponível em: <<https://github.com/node-red/node-red>>. Acesso em: 25 abr. 2024

PELLEGRINO, L. et al. Remote Laboratory Testing Demonstration. **Energies**, v. 13, n. 9, p. 2283, mai. 2020.

REIMERS, F. M.; SCHLEICHER, A. **A framework to guide an education response to the COVID-19 Pandemic of 2020**: OECD Policy Responses to Coronavirus (COVID-19). Paris, France: OECD, 30 mar. 2020. Disponível em: <https://www.oecd-ilibrary.org/education/a-framework-to-guide-an-education-response-to-the-covid-19-pandemic-of-2020_6ae21003-en>. Acesso em: 6 maio. 2024.

ROGER LIGHT. **Eclipse Mosquitto**. Eclipse Foundation, set. 2023. Disponível em: <<https://github.com/eclipse/mosquitto>>. Acesso em: 26 abr. 2024

ROS, A. **MediaMTX**. , Alessandro Ros mar. 2024. Disponível em: <<https://github.com/bluenvirion/mediamtx>>. Acesso em: 2 abr. 2024

WATHAN, A. et al. **Tailwind-CSS**. Tailwind Labs, mar. 2024. Disponível em: <<https://github.com/tailwindlabs/tailwindcss>>. Acesso em: 19 abr. 2024

CYBERSHARING LABS FOR REMOTE CLASSES: AN MVP CASE AT SENAI-SP

Abstract: *This article presents an MVP case of a cybersharing system for remote classes at SENAI-SP. It comprises a system manager and three level of cybersharing for labs upon scheduling by users. The system was built in microservices to allow for scaling, management, and modularization. The first level was developed to be used as a demonstration class of the equipment or device which is monitored by cameras and by mirroring the dedicated software of the machine. At the second level, it is possible to read variables and students need to read a guide to carry out the activity proposed. A third level is under deployment stage and is designed to allow for reading and writing variable to the device and change program and parameters of the programmable controllers.*

Keywords: *cybersharing, remote class, microservices, remote laboratory*

