



FACULDADE SENAI DE TECNOLOGIA MECATRÔNICA

O MÉTODO DE AUDITORIAS ESCALONADAS DE PROCESSO COMO FERRAMENTA PARA TRANSFORMAÇÃO ORGANIZACIONAL E CULTURAL NA INDÚSTRIA 4.0

THE LAYERED PROCESS AUDITS METHOD AS A TOOL FOR ORGANIZATIONAL AND CULTURAL TRANSFORMATION IN INDUSTRY 4.0

Guilherme Lotto Cardoso¹

José Roberto dos Santos²

Thiago Tadeu Amici³

Paulo Sebastião Ladivez⁴

RESUMO

Ao mesmo tempo que proporciona maior conforto para a vida cotidiana, o recente avanço nas áreas de tecnologia da informação e da comunicação faz com que o mercado seja cada vez mais exigente, complexo e competitivo. Tal fato exige que as indústrias sejam capazes de responder rapidamente tanto aos eventos externos quanto aos imprevistos em seus próprios processos internos. Foi nesse cenário que a expressão Indústria 4.0 ganhou força, oferecendo soluções tecnológicas inovadoras para que as indústrias sejam capazes de tomar decisões rápidas, bem como de implementá-las em um tempo menor, com maior assertividade e maior custo-benefício. Por outro lado, o ser humano ainda estará por trás dessa transformação e terá que lidar com um ambiente profissional em constante mudança e dotado de novas tecnologias, sendo necessária, portanto, além da evidente atualização tecnológica, uma profunda mudança organizacional e cultural para interagir dentro desse novo ambiente industrial. É nesse contexto que as auditorias escalonadas de processo cumprem seu papel, auxiliando na transformação cultural gradual, engajada e comprometida com a melhoria contínua. Através do suporte da revisão bibliográfica esse material esclarecerá o papel das auditorias escalonadas de processo na Indústria 4.0 e apresentará um método para digitalizar e dar visibilidade às auditorias através de um banco de dados desenvolvido para este fim em um caso real aplicado na indústria. Esse material fornecerá contribuições importantes às empresas que estão implementando as tecnologias da indústria 4.0 e que enfrentarão a necessidade de mudança organizacional e cultural para extrair o máximo de proveito delas.

¹ Engenheiro de Qualidade e Pós-graduando em Indústria 4.0 na Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica. E-mail: glottocardoso@gmail.com

² Especialista em Segurança da Informação da Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica. E-mail: joseroberto @sp.senai.br

³ Mestre em Automação e Controle de Processos da Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica. E-mail: thiago.amici@sp.senai.br

⁴ Especialista em Tecnologia da Informação da Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica. E-mail: Paulo.ladivez@sp.senai.br

Palavras-chave: Indústria 4.0. Banco de dados. Auditorias escalonadas. Estrutura organizacional. Cultura.

ABSTRACT

At the same time that it provides greater comfort for everyday life, the recent advance in the areas of information and communication technology makes the market more and more demanding, complex and competitive. This requires that industries be able to respond quickly to both external events and unforeseen events in their own internal processes. It was in this scenario that the expression Industry 4.0 became strong, offering innovative technological solutions so that industries are able to make quick decisions, as well as to implement them in a shorter time, with greater assertiveness and greater cost-benefit. On the other hand, the human being will still be behind this transformation, and will have to deal with a constant changing professional environment and endowed with new technologies. Therefore, in addition to the evident technological update, a deep organizational and cultural change is necessary to interact with them. It is in this context that layered process audits fulfill their role, assisting in the engaged cultural transformation committed to continuous improvement. Through the support of the bibliographic review, this material will clarify the role of layered process audits in Industry 4.0 and will present a method to digitize and give visibility to audits through a database developed for this purpose in a real case applied in the industry. This material will provide important contributions to companies that are implementing industry 4.0 technologies and that will face the need for organizational and cultural change to get the most out of them.

Keywords: Industry 4.0. Database. Layered audits. Organizational structure. Culture.

1 INTRODUÇÃO

Com o avanço da tecnologia da informação, o mundo passou a estar conectado. Diante de um cenário cada vez mais competitivo, onde a troca de informações acontece em tempo real, o mercado exige uma resposta mais ágil por parte das empresas, além da redução significativa no preço e a obrigação de qualidade diferenciada de seus produtos. Defeitos e falhas, portanto, são ameaças para o sucesso do negócio. Além disso, lançar um produto que atenda melhor as necessidades dos clientes e com maior rapidez tornou-se um desafio para a indústria.

Dentro dessa nova realidade, a rápida tomada de decisões e a capacidade de implementá-las em um curto período de tempo tornaram-se indispensáveis. “A informação certa, no local certo e gerando o conhecimento adequado é o novo diferencial competitivo para se atingir excelência em produtividade, qualidade e lucratividade” (CARDOSO, 2016).

Para driblar essa recente demanda, a indústria iniciou a integração de avançadas tecnologias da informação e comunicação e métodos de controles inteligentes em seu processo de manufatura (KOZÁK et al., 2018). O termo Indústria 4.0 foi introduzido em 2011 pelo governo alemão, para representar a transformação causada por essa integração. Para que sua implementação seja efetiva, no entanto, as indústrias devem adotar, além das soluções, profundas mudanças organizacionais e culturais, uma vez que o ser humano ainda

estará por trás dessa transformação. Conseqüentemente, surgem riscos e obstáculos à sua implementação.

De acordo com Applied Logistics (c2016), 75% dos defeitos encontrados na manufatura são resultantes de não conformidades com os processos. Em um estudo, realizado pela consultoria em tecnologia Meta Group, foi identificado que o uso da tecnologia pode combater apenas 20% dos erros, enquanto a cultura da companhia que interage com a tecnologia corresponde aos outros 80% .(SITTSAMER; OXLEY; O'HARA, 2007). É nesse contexto que o método de auditorias escalonadas de processo cumpre seu papel auxiliando na transformação cultural gradual, engajada e comprometida com a melhoria contínua em todos os níveis hierárquicos da companhia.

Com o suporte da revisão bibliográfica, esse material esclarecerá os riscos e os obstáculos organizacionais e culturais diante das novas tendências da Indústria 4.0 e estabelecerá qual será o papel das auditorias escalonadas de processo nessa transformação – conexão pouco explorada nas publicações sobre a Indústria 4.0.

Também irá apresentar um método para dar visibilidade ao processo de auditorias escalonadas a partir do desenvolvimento de um banco de dados adotado pela General Motors, onde utilizou-se o Microsoft Access integrado com o Microsoft Power BI - uma contribuição importante para os líderes de melhoria contínua que desejam potencializar o aproveitamento das suas auditorias escalonadas com maior flexibilidade de adaptação às particularidades da empresa e sem a necessidade de comprar um *software* dedicado.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Indústria 4.0

Indústria 4.0 é a expressão utilizada para representar a 4ª Revolução Industrial, marcada pela introdução das tecnologias da informação e da comunicação no ambiente industrial. A expressão, proposta pelo governo Alemão, surgiu em 2011 na feira de Hannover.

Segundo Hermann, Pentek e Otto (2015), a Indústria 4.0 se baseia nos seguintes paradigmas:

Interoperabilidade: Máquinas, métodos e seres humanos estão conectados e interagem uns com os outros através da internet;

Virtualização: Criação de um modelo virtual do produto e do processo fabril, que permite simular eventos, extrair dados e validar processos antes da implementação física;

Descentralização: Os equipamentos estão interconectados e são capazes de tomar decisões inteligentes de forma autônoma;

Tempo real: Os dados são coletados e analisados em tempo real;

Orientação a serviços: As arquiteturas de software são construídas de forma se orientar à prestação de serviços.

Modularidade e Configurabilidade: Os recursos produtivos são construídos de forma modular, podendo ser combinados, compartilhados e alterados sempre que houver necessidade.

Para suportar esses paradigmas, as seguintes tecnologias habilitadoras são introduzidas no ambiente industrial, conforme mostra a figura 1:

Figura 1 – Tecnologias Habilitadoras da Indústria 4.0



Fonte: Laboratório Aberto de Brasília (2020)

Robôs Autônomos: Robôs que podem executar tarefas com autonomia, sem a supervisão humana.

Big Data e Data Analytics: Grande volume de dados, em alta velocidade, de variados tipos e de grande valor, sendo estes estruturados, semi-estruturados ou desestruturados são coletados e analisados para se extrair conhecimento. (QI e TAO, 2017).

Simulação: Um modelo virtual dos produtos e dos processos são criados afim de permitir que simulações possam ser realizadas para validação e correção de erros antes que sua implementação ou alteração aconteça, bem como para antever os efeitos que um determinado evento possa ocasionar.

Integração de Sistemas: Os sistemas de TI estão interligados em toda a cadeia de departamentos dentro (engenharia, produção, finanças, manutenção, etc.) e fora da empresa (fornecedores, clientes, transportadores, etc.).

Internet das Coisas: Conexão dos recursos da empresa (equipamentos, pessoas, máquinas, sensores, etc.) com a internet.

Computação em Nuvem: Armazenamento e processamento de dados em um servidor fora da empresa;

Cibersegurança: Proteção dos dados em virtude do alto grau de conexão dos recursos da empresa com a internet e com o aumento da utilização da computação em nuvem.

Manufatura Aditiva: Criação de protótipos físicos por adição de material, a partir de seu desenho em CAD.

Realidade Aumentada: É um conjunto de tecnologias que utilizam um dispositivo eletrônico para visualizar um ambiente físico combinado com elementos virtuais. (LAMAS et al., 2018).

2.2 Auditorias Escalonadas de Processo (LPAs)

As auditorias escalonadas de processo são revisões periódicas, de curta duração (de 10 a 15 minutos), executadas por todos os níveis de liderança dentro de uma planta de manufatura, com o objetivo de verificar se os principais processos estão sendo executados da forma como foram projetados. Elas surgiram em 2002 na indústria automotiva dos Estados Unidos, conforme Baldwin (2011), tendo sua origem na metodologia PDCA (Plan-Do-Check-

Act) segundo o Automotive Industry Action Group (AIAG, 2005). Na indústria automotiva, foram adotadas também por centenas de seus fornecedores. (SITTSAMER; OXLEY; O'HARA, 2007).

As auditorias são realizadas a partir de um formulário previamente elaborado com perguntas pertinentes aos principais processos. As perguntas podem assumir respostas “Sim”, “Não” ou “Não se Aplica”. Diferentes níveis hierárquicos de liderança executam a auditoria a partir do mesmo formulário, normalmente aumentando o número de perguntas à medida que o nível hierárquico aumenta. Para cada não conformidade encontrada, um plano de ação é designado.

A frequência com que são executadas também dependem do nível hierárquico do líder, sendo maior quanto menor seu nível hierárquico (mais próximo do processo).

Um líder deve sempre executar sua auditoria utilizando um formulário de auditoria preenchido anteriormente por um líder de nível hierárquico menor. Nessa ocasião, portanto, há a oportunidade de verificar se a auditoria realizada anteriormente foi conduzida corretamente pelo empregado e, se for o caso, alinhar visões e treinar o empregado imediatamente durante a realização da auditoria. Na figura 2 é apresentado um exemplo de formulário de auditoria.

Figura 2 – Formulário de auditoria escalonada de processo

Áreas de risco potencial	Turno	Diário	Semanal	Mensal	Trimestral	Anual
	Operador Inspetor da Qualidade Líder do Time Supervisor Gerente Gerente Qualidade Gerente de Operações Gerente Executivo Diretor Presidente CEO					
Peça/Produto						
Verificação do Error-Proofing						
Inspeção da Primeira Peça						
Inspeção da Última Peça						
Instruções de Trabalho Padronizadas						
Controle de rastreamento de operador						
Problemas de Segurança						
Processo						
Configuração de set-up						
Atendimento aos requisitos						
Aprovação de ferramentas						
Dados de qualidade						
Planta						
Manutenção preventiva						
Calibração						
Rastreabilidade de lotes						
Serviço de limpeza						
Voz do Cliente						
Dados do cliente visíveis						
Planos de ação atualizados e no prazo						
Problemas de clientes divulgados						
Performance do serviço de entrega						
Ambiental						

Fonte: Automotive Industry Action Group - AIAG (2005)

Segundo Stoop (2017), as perguntas do formulário de auditoria são definidas e atualizadas com base nos seguintes itens:

- histórico de problemas de qualidade;
- modos de falha identificados no Processo de Análise de Modo e Efeitos de Falha (PFMEA);

c) processos que são críticos para a qualidade do produto e/ou para satisfação do cliente.

Para que as auditorias escalonadas sejam utilizadas com o intuito de se alcançar a melhoria contínua, no entanto, suas perguntas também devem sofrer alterações com base nos seus próprios resultados, uma vez identificada uma não conformidade sistêmica ou mesmo se identificada uma pergunta que não apresenta não conformidade por um período previamente definido.

2.3 Níveis de Maturidade da Indústria 4.0:

Schuh et al. (2017) publicou o *Industrie 4.0 Maturity Index* (Índice de Maturidade da Indústria 4.0), contendo um método para avaliação do patamar em que uma indústria se encontra em relação ao que se é esperado de uma Indústria 4.0 e as etapas que devem ser seguidas para que ela atinja o patamar desejado.

Segundo Schuh et al. (2017), o desenvolvimento da Indústria 4.0 consiste em 6 estágios conforme mostrado na figura 3:



Fonte: Adaptado de Schuh et al. (2017)

Estágio 1 – “Computadorização”: Os processos começam a utilizar ferramentas da tecnologia da informação tanto nas aplicações de negócio (como *softwares* CAD para fazer desenhos e utilização do ERP para gerar ordens de produção) como nas máquinas (por exemplo, o uso de máquinas com controle numérico para fabricação de peças), no entanto, ainda não possuem conexão entre si e são utilizados isoladamente.

Estágio 2 – Conectividade: Aplicações, máquinas e dispositivos passam a estar conectados, graças à atribuição de um IP (protocolo de internet).

Estágio 3 – Visibilidade: Através de sensores, microcomputadores e tecnologias de rede, os eventos e os status podem ser capturados em tempo real ao longo de toda a empresa, permitindo a construção de um modelo digital atualizado da fábrica, suportando a tomada de decisões baseada em dados reais.

Estágio 4 – Transparência: Os dados que são capturados e estão visíveis começam a ser analisados para identificar interações entre eles, extraindo conhecimento para suportar a rápida tomada de decisões complexas.

Estágio 5 – Capacidade Preditiva: Com os dados analisados e o conhecimento de suas interações é possível simular cenários futuros e identificar quais são os mais prováveis.

Estágio 6 – Adaptabilidade: Decisões e ações são tomadas de forma automatizada.

Os estágios de desenvolvimento são avaliados dentro das 4 áreas estruturais da organização, sendo esperadas, dentro de cada uma delas, características específicas (princípios) para que se atinja o estágio de adaptabilidade, conforme quadro 1:

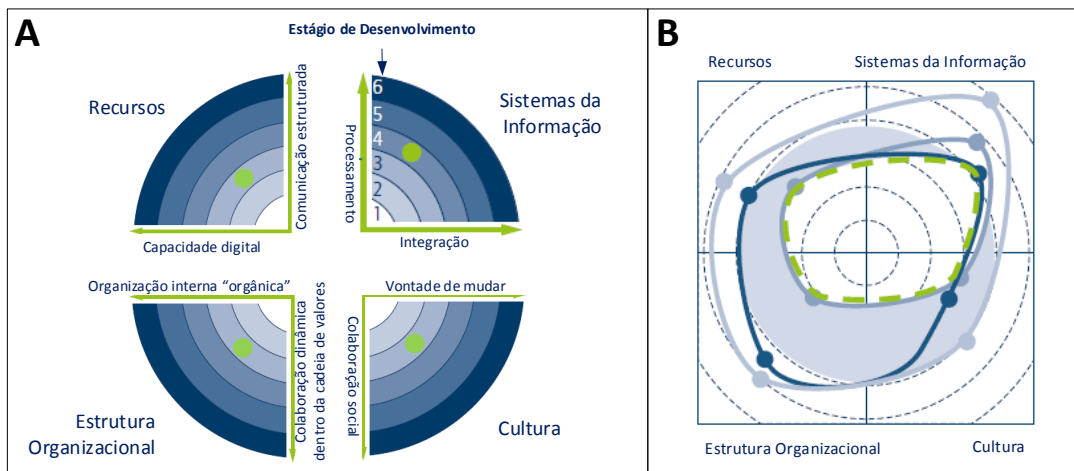
Quadro 1 – Princípios desejados em cada área estrutural na Indústria 4.0

Área Estrutural:	Princípios desejados na Indústria 4.0:
Recursos: Pessoas, maquinário, ferramentas, materiais, produtos	<ul style="list-style-type: none"> - Capacidade digital: Empregados possuem habilidade para interagir com os sistemas de TI (Tecnologia da Informação) e são envolvidos no processo de inovação. Dados são adquiridos através de sensores e sistemas embarcados fazem seu pré-processamento. - Comunicação Estruturada: Única fonte de informações (por exemplo, em vez da criação de várias cópias de arquivos para enviá-las a cada usuário, gera-se apenas um arquivo central em que todos possam acessar para efetuar edições), para evitar redundâncias e ambiguidade de informações. Rastreabilidade da comunicação. Assinaturas digitais.
Sistemas da informação: Sistemas que preparam, processam armazenam e transferem informação	<ul style="list-style-type: none"> - Processamento da Informação: Dados são agregados para gerar informações que suportem a tomada de decisões. - Integração: Diferentes sistemas de informação estão interconectados.
Estrutura organizacional: Estrutura da organização interna e sua posição dentro da cadeia de valores.	<ul style="list-style-type: none"> - Organização interna “Orgânica”: Empregados com menos restrições e alto nível de responsabilidade individual. - Colaboração dinâmica dentro da cadeia de valores: Troca automatizada e contínua de informações entre diferentes empresas. A visibilidade operacional é estendida para fornecedores.
Cultura: Comportamento dos empregados	<ul style="list-style-type: none"> - Vontade de mudar: Empregados querem revisar e adaptar continuamente seus comportamentos em função das mudanças constantes em seu ambiente. - Colaboração social: Empregados confiam nos sistemas de informação existentes e compartilham abertamente seus próprios conhecimentos.

Fonte: Adaptado de Schuh et al. (2017, tradução nossa).

A partir da avaliação dos dois princípios desejados em cada área estrutural, atribui-se o estágio de desenvolvimento em que cada área se encontra e plota-se no gráfico mostrado na figura 4-A:

Figura 4 – Método de avaliação do nível de maturidade da Indústria 4.0



Fonte: Adaptado de Schuh et al. (2017).

Quanto maior a área delimitada pelo ligamento entre os 4 pontos plotados em cada área da estrutura, maior é o nível de maturidade relacionada à Indústria 4.0.

Percebe-se que duas das áreas estruturais estão relacionadas principalmente às soluções tecnológicas (Recursos e Sistemas da Informação), enquanto as outras duas áreas estruturais estão intimamente relacionadas ao ser humano que participa da transformação rumo à Indústria 4.0 (Estrutura Organizacional e Cultura). Para estas duas últimas, uma abordagem mais detalhada será apresentada na próxima seção.

3 O PAPEL DAS AUDITORIAS ESCALONADAS DE PROCESSO

Para que os princípios desejados na Indústria 4.0 sejam desenvolvidos dentro das áreas estruturais, riscos devem ser controlados e obstáculos devem ser vencidos. Nas áreas estruturais “Estrutura Organizacional” e “Cultura”, a maioria dos riscos e obstáculos estão relacionados ao fato de que o agente transformador principal é o ser humano, que precisa adotar uma nova postura diante da introdução acelerada de novas tecnologias em seu ambiente de trabalho.

Segundo Ullrich et al. (2019), um objetivo adicional das fábricas digitalizadas em constante aprendizado é sensibilizar os participantes e desenvolver suas competências em tecnologias digitais, ou seja, promover a aceitação e o manuseio da tecnologia, bem como criar empregados capazes de ação em ambientes de trabalho digitais. Nesse contexto, as auditorias escalonadas fazem com que a cultura abrace a melhoria contínua. (SITTSAMER; OXLEY; O’HARA, 2007).

Dentro de cada princípio desejado na Indústria 4.0 (apresentado no quadro 1), Schuh et al. (2017) estabelece características específicas que devem ser atendidas com o objetivo de elevar o nível de maturidade da indústria para o estágio 6 de desenvolvimento (“Adaptabilidade”). Nos quadros 2 e 3 são apresentadas essas características para as áreas estruturais “Estrutura Organizacional” e “Cultura”, respectivamente. Neles são esclarecidos, sobre cada uma das características esperadas, os riscos e os obstáculos que devem ser superados e é apresentada uma reflexão sobre como as auditorias escalonadas de processo atuam sobre cada um desses riscos ou obstáculos.

Ao aproximar líderes de diferentes níveis hierárquicos aos processos e aos operadores que ali atuam, a execução das auditorias escalonadas de processo oferece a oportunidade de todos olharem para o que é mais importante, de alinhar visões e expectativas, de reconhecer aqueles que estão comprometidos com a melhoria, de estimular a discussão de erros gerando aprendizado e portanto, de estimular o desenvolvimento de uma cultura organizacional que suporta a rápida tomada de decisões e a resposta ágil aos eventos externos, facilitando a introdução de novas tecnologias e novas formas de fazer as coisas, que é a base para todos os paradigmas da Indústria 4.0.

Conforme apresentado na figura 5, enquanto as tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0 contribuem para elevação do nível de maturidade nas áreas estruturais “Recursos” e “Sistemas da Informação”, as auditorias escalonadas de processo desenvolvem a vontade de mudar e a colaboração social e suportam a adoção de uma organização interna “orgânica” bem como estimulam a colaboração dinâmica, contribuindo para elevação do grau de maturidade nas áreas estruturais “Cultura” e “Estrutura Organizacional”.

Quadro 2 – Papel das auditorias escalonadas de processo na estrutura organizacional

Maturidade desejada na Indústria 4.0			Papel das Auditorias Escalonadas de Processo:
Princípio:	Características desejadas - Schuh et al. (2017):	Riscos e Obstáculos:	
Organização interna "orgânica"	Comunidades flexíveis: Empregados devem mudar as tarefas que desempenham e participar de diferentes times de trabalho. Organizações ágeis são capazes de manter os processos estáveis ao mesmo tempo que se adaptam rapidamente às mudanças.	Processos que requerem alta eficiência e estabilidade deixarem de serem executados apropriadamente.	Os checks da auditoria escalonada garantem que os trabalhos "chave" estão sendo executados adequadamente. É uma forma disciplinada de verificar se o trabalho está sendo executado da forma que foi planejado.
	Gerenciamento dos direitos de decisão: Com a Indústria 4.0, maior quantidade e qualidade de informações estarão disponíveis. Isso permitirá que decisões sejam tomadas de forma descentralizada pelos times de trabalho que estão mais próximos dos fatos, bem como a tomada de decisões coletiva (onde as pessoas mais capacitadas sobre o assunto participam do processo de decisão).	Decisões descentralizadas podem não estarem alinhadas umas com as outras e entrarem em conflito.	Ao aproximar os líderes de todos os níveis hierárquicos aos processos executados pela empresa, à uma frequência definida, permitem que informações sobre mudanças sejam rapidamente compartilhadas entre os times de trabalho.
		Decisões descentralizadas podem não considerar os objetivos da empresa como um todo.	Divulga à todos os envolvidos o que é importante e o que será verificado.
	Sistema de objetivos motivacionais: Os empregados devem ter autonomia e permanecerem focados no objetivo geral da empresa de agregar valor ao cliente. Para tanto, suas metas devem encorajar o foco na eficiência do processo e na melhoria contínua.	Empregados podem se tornarem frustrados e desmotivados se eles não recebem um feedback sobre sua performance por longos períodos de tempo.	Fornecer feedback aos empregados e facilita a identificação de indivíduos para reconhecimento especial.
		Hábitos ruins podem se desenvolverem e se perpetuarem como "corretos", se uma inspeção não é feita com frequência.	Verifica com uma frequência pré-definida se as operações estão sendo executadas e as diretrizes sendo seguidas, dando a oportunidade de correção imediata caso alguma não conformidade seja encontrada.
Colaboração dinâmica	Foco no benefício do cliente: Todos devem entender sua contribuição para o cliente final. Os times de chão de fábrica não são mais atribuídos à apenas algumas tarefas específicas, mas são responsáveis pelo produto como um todo.	Erros e omissões podem ocorrer sem correção por não serem interpretados como um fator que vai contribuir para ferir a satisfação do cliente	Torna a liderança uma presença visível no chão de fábrica é uma evidência poderosa de um autêntico compromisso com a qualidade. A auditoria é atividade diária, mantendo todos focados na qualidade e na melhoria proativa.

Fonte: Elaborado pelo autor.

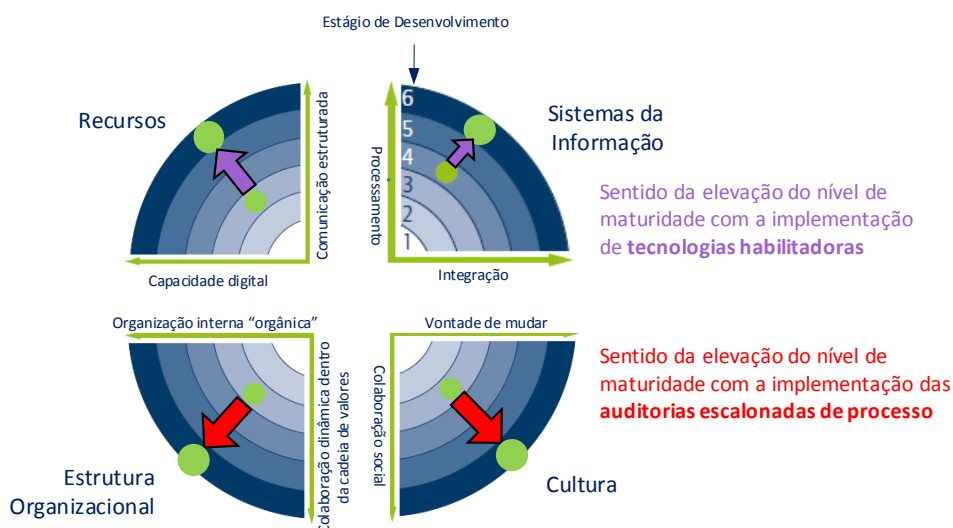
Quadro 3 – Papel das auditorias escalonadas de processo na cultura

Maturidade desejada na Indústria 4.0			Papel das Auditorias Escalonadas de Processo:
Princípio:	Características desejadas:	Riscos e Obstáculos:	
Vontade de mudar	Reconhecimento do valor dos erros: Entender que os erros escondem em si um potencial de aprendizado que pode desencadear mudanças.	Erros acontecerem e não serem discutidos por medo de punição.	Estimula a discussão aberta de erros e aprendizados. Além disso, não conformidades são entendidas como oportunidades de melhoria.
	Abertura à inovação: Estar aberto à novas tecnologias e novas formas de fazer as coisas.	Melhorias deixarem de ser empregadas pela relutância em mudar os hábitos e aceitar mudanças.	Faz com que a cultura abrace a melhoria contínua.
	Decisões baseadas em dados: Dados relevantes do processo são capturados, permitindo que as decisões sejam tomadas com base em dados reais e não em instinto.	Ausência de informações suficientes para tomada de decisões.	Sua execução traz dados de como o processo está se desempenhando, evidenciando os pontos que precisam ser melhorados, bem como mostrando as dificuldades mais comuns.
	Desenvolvimento profissional contínuo: Os empregados têm um entendimento interdisciplinar de processos inter-relacionados e são capazes de adquirir o conhecimento especializado necessário em um curto espaço de tempo. Os empregados são caracterizados pelo desejo de continuar aprendendo ao longo da vida.	As habilidades dos profissionais que não se atualizam constantemente podem ficar ultrapassadas.	Institucionaliza o treinamento e o conhecimento do processo para operadores e todos os níveis de gerenciamento da planta. Além disso, permite que a liderança aprenda sobre o processo de manufatura a partir dos operadores e que os operadores aprendam sobre o que é importante para satisfação do cliente a partir da liderança.
	Adaptabilidade: Alta capacidade de resposta frente aos eventos externos. Mudanças são iniciadas, implementadas e completadas o mais rápido possível.	Normalmente os empregados que possuem o melhor conhecimento para interpretar eventos externos são os que trabalham próximos aos equipamentos ou ao sistema em questão, porém nem sempre eles possuem autoridade para tomar decisões, o que pode impedi-los de tomarem a iniciativa de mudar.	Permite que os operadores forneçam feedback em primeira mão à gerência da planta e que vejam a implementação imediata de ações, quando apropriado.

Colaboração social	Estilo democrático de liderança: Empregados possuem autonomia para tomar decisões e confiam uns nos outros. Assim, as decisões são tomadas e implementadas de forma rápida.	A tomada e a implementações de decisões não acompanham a rapidez das mudanças devido à falta de confiança ou de comprometimento.	Permite visualizar quem está participando e quem está ficando para trás em suas responsabilidades.
	Comunicação aberta: Os empregados possuem a capacidade de compartilhar seu conhecimento abertamente com todos os companheiros que precisarem.	Empregados pensarem em termos de rígida hierarquia, não compartilhando seus conhecimentos.	Oferecem aos operadores a chance de compartilhar observações e sugestões diretamente com a liderança. Quando as pessoas percebem que a liderança se importa o suficiente para estar presente e resolver problemas, é mais provável que se manifestem.
	Confiança nos processos e nos sistemas de informação: Todos aceitam e utilizam as informações extraídas dos sistemas, por entenderem como eles capturam os dados e tomam as decisões.	Empregados não serem incluídos no desenvolvimento dos sistemas, não entenderem como eles funcionam e, portanto, não utilizarem os mesmos sistematicamente, deixando de sugerir melhorias.	Promove a cultura de que "todos são auditores" despertando o pensamento crítico, estimulando o questionamento dos sistemas existentes e consequentemente o aprendizado sobre seus funcionamentos.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 5 – Sentido de elevação do nível de maturidade tecnologia x auditorias escalonadas



Fonte: Adaptada de Schuh et al. (2017).

Além dos benefícios que a execução das auditorias escalonadas traz por si só, seus resultados são dados valiosos para identificar problemas culturais sistêmicos e para suportar a tomada de decisões sobre medidas que vão, de fato, resolvê-los. Desta forma, a seguir será apresentado um sistema que coleta os resultados das auditorias e traz visibilidade aos pontos que precisam de maior atenção, bem como, daqueles que já estão em um patamar de

maturidade alta e que, portanto, podem ser deixados de serem verificados nas auditorias para dar lugar a outros pontos.

4 SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE AUDITORIAS ESCALONADAS

4.1 Desafios na implementação das auditorias escalonadas de processo

Gerenciar a complexidade das auditorias pode se tornar um obstáculo à sua eficiência. Stoop (2017) cita alguns dos principais desafios a serem encarados pela indústria ao implementar o método de auditorias escalonadas de processo:

Planejamento: Uma planta pode precisar realizar mais de 1000 auditorias anualmente. Agendar a execução de todas elas, pode exigir o uso de recursos em tempo integral;

Índice de conclusão: Manter um alto índice de execução das auditorias pode ser desafiador. Algumas companhias reportam a execução de apenas 10% do total requerido.

Integridade dos dados: A rotina pode levar os auditores a executarem suas auditorias com baixa qualidade, colocando “sim” para todos os itens, principalmente se não houver visibilidade de quem está executando as auditorias.

Análise dos resultados: Se os dados são consolidados e precisam ser trabalhados manualmente até que tenham a visibilidade suficiente para suportar a tomada de decisões, pode-se gerar atrasos na correção de problemas, expondo a empresa ao risco de grandes volumes de produtos defeituosos serem entregues até que a correção ocorra.

Atualização dos formulários: Manter os formulários atualizados à medida que novos riscos forem identificados ou quando lições foram aprendidas pode deixar de ser realizado.

Para facilitar o gerenciamento das auditorias escalonadas e auxiliar a manter os desafios apresentados sob controle, torna-se indispensável o uso dos recursos da tecnologia da informação.

4.2 Premissas para construção do sistema:

O Automotive Industry Action Group (AIAG) publicou, em 2005, o “CQI-8 Layered Process Audits Guideline” (Guia das Auditorias Escalonadas de Processo), que apresenta os requisitos fundamentais que as auditorias escalonadas precisam atender para que sejam efetivas, tornando-o um bom ponto de partida para construção de um sistema de gerenciamento eficiente.

O quadro 4 resume na coluna à esquerda os principais requisitos que é preciso observar e, na coluna à direita, descreve qual característica que o sistema deverá apresentar para atender cada uma delas:

Quadro 4 – Requisitos para efetividade das auditorias escalonadas de processo

Nº	Requisito (AIAG, 2005):	Característica desejada no sistema:
1	Uma equipe multifuncional identifica as principais etapas do processo existentes para auditar. Elas são selecionadas com base no risco para a qualidade do produto, incluindo lições aprendidas, segurança, criticidade da etapa do processo ou característica do produto.	Possibilidade de criação de categorias para os itens que serão avaliados.
2	As auditorias são conduzidas de acordo com uma cadência regular e planejada, com critérios específicos de frequência.	Frequência esperada de auditorias alterável.

3	Vários níveis hierárquicos da fábrica auditam o processo de fabricação para as mesmas perguntas; delegar não é aceitável.	Atribuição de senha pessoal para cada auditor.
4	A gerência deve conduzir revisões periódicas dos resultados. Essas avaliações mostram compromisso da administração com as auditorias e também pode fornecer à administração a oportunidade de monitorar o impacto das auditorias nas métricas de negócios da organização.	Resultados, execução e status dos planos de ação consolidados em <i>dashboards</i> para análise da gerência.
5	Quanto maior o nível de gerenciamento que conduz a auditoria, maior o alcance do controle e, portanto, o número de itens de auditoria pode aumentar.	Habilitação das perguntas do formulário de auditorias de acordo com o nível hierárquico do auditor.
6	Os vários níveis hierárquicos da fábrica que auditam devem fazê-lo com um conjunto de perguntas padrão e comuns.	Mesmo formulário de perguntas para todos os níveis preencherem.
7	Os itens de auditoria normalmente são verificações de “sim / não” em relação às etapas do processo, requisitos, etc.	Formulário de auditoria com possibilidade de resposta “sim”, “não” ou “NA” para cada pergunta.
8	A frequência da auditoria depende do nível de gerenciamento de pessoal, não da disponibilidade.	Frequência esperada de auditorias relacionada ao nível hierárquico que o auditor exerce.
9	As não conformidades têm planos de reação pré-determinados, que são implementados imediatamente.	Possibilidade de incluir um plano de ação para cada não conformidade encontrada.
10	As perguntas da auditoria são atualizadas conforme necessário para incorporar as mais recentes melhorias e atualizações do processo com base nas constatações da auditoria, nas sugestões dos funcionários etc. Os itens podem incluir não-conformidades passadas, retornos ou reclamações de clientes.	Flexibilidade para alteração das perguntas do formulário de auditoria.
11	As auditorias são monitoradas quanto à conclusão e aos problemas encontrados. As causas-raiz são então determinadas e perguntas apropriadas são incorporadas nas auditorias para não-conformidades recorrentes.	Visibilidade dos planos de ação e dos itens não-conformes identificados nos formulários de auditorias.
12	O resultado esperado é que os clientes se beneficiem da variação reduzida no processo de fabricação.	Visibilidade da evolução dos resultados ao longo do tempo.
13	Uma parte significativa do processo de auditoria é garantir que as auditorias sejam realizadas de acordo com o cronograma e que os resultados das auditorias sejam registrados.	Visibilidade dos auditores que estão e dos que não estão cumprindo a quantidade de auditorias requeridas.
14	Audidores treinados podem começar a realizar auditorias escalonadas de processo.	Execução das auditorias condicionada à um processo de certificação de auditores.

Fonte: Adaptado de Automotive Industry Action Group (2005, tradução nossa).

Com base nas características que devem ser atendidas para que os requisitos fundamentais sejam atendidos, a seguir, serão apresentadas as etapas para construção do banco de dados que irá possibilitar a construção do sistema.

4.3 Sistema de gerenciamento de auditorias escalonadas General Motors

Com o intuito de estimular a melhoria de desempenho de seus meios de produção para que atenda menores custos e melhores níveis de produtividade e qualidade sem prejudicar a saúde e segurança dos trabalhadores, a GM (General Motors), fabricante automotiva líder do mercado brasileiro, desenvolveu uma filosofia de produção enxuta que chamou de GMS (Global Manufacturing System). O GMS é o que suporta a evolução da estrutura organizacional e da cultura nas áreas funcionais da GM ao patamar de

“Adaptabilidade” (estágio 6 de desenvolvimento da Indústria 4.0). “Todas as áreas funcionais da GM devem compreender e aplicar os princípios do GMS, além de demonstrar comprometimento e dar suporte, por meio de estratégias e planos, para sua implementação”. (REIS, 2004, p. 52).

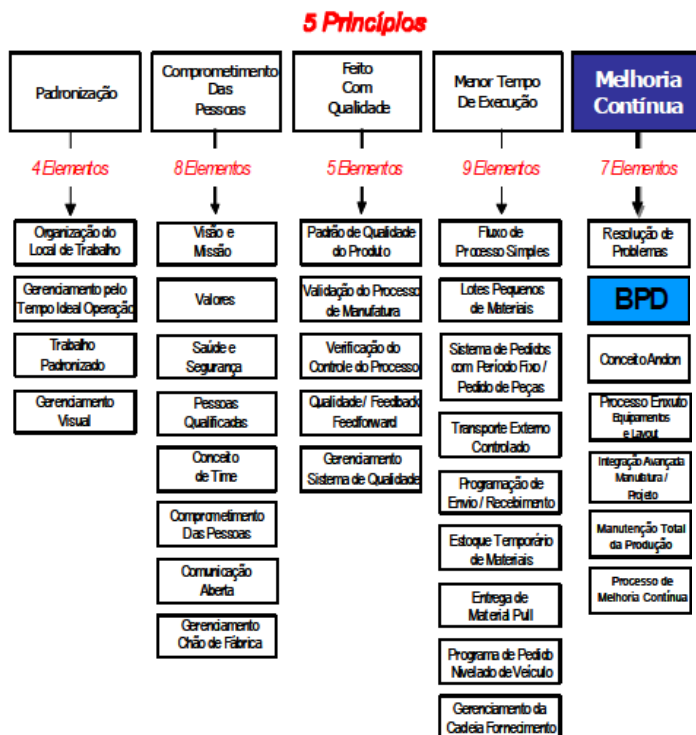
Para monitorar se os elementos do GMS estão sendo atendidos por toda a manufatura, a General Motors criou afirmações que devem ser verificadas por meio das auditorias escalonadas afim de garantir que cada elemento esteja sendo atendido. Para tanto, seu formulário de auditorias é montado selecionando algumas dessas afirmações e sofrendo modificações sempre que necessário. Além disso, ela certifica seus auditores através de um processo de certificação em 4 níveis de maturidade (de 1 até 4), no qual, uma pessoa só pode começar a auditar os times de trabalho a partir do momento em que é aprovada no nível 1 sendo que, quando atinge o nível 4, ela está apta a certificar outras pessoas para serem auditoras.

A primeira etapa de certificação consiste em um teste de múltipla escolha em que o candidato à auditor deve ser aprovado para obter o nível 1. Para obter os demais níveis de certificação (níveis 2, 3 e 4), o auditor nível 1 deve ser aprovado em avaliações de desempenho presenciais, onde realiza auditorias acompanhado por um certificador (auditor nível 4) que irá avaliar seu desempenho com base em critérios definidos pelo GMS e o certificará com um nível maior de maturidade.

Empenhada em aproveitar o potencial das auditorias escalonadas de processo, a planta da General Motors de São Caetano do Sul decidiu implementar o uso de um sistema de gerenciamento de suas auditorias escalonadas ao qual chamou de GIDAE (Gerenciador Inteligente de Auditorias Escalonadas).

O GMS consiste na integração de elementos distribuídos em 5 princípios (figura 6)

Figura 6 – Princípios e elementos do GMS



Fonte: Reis (2004).

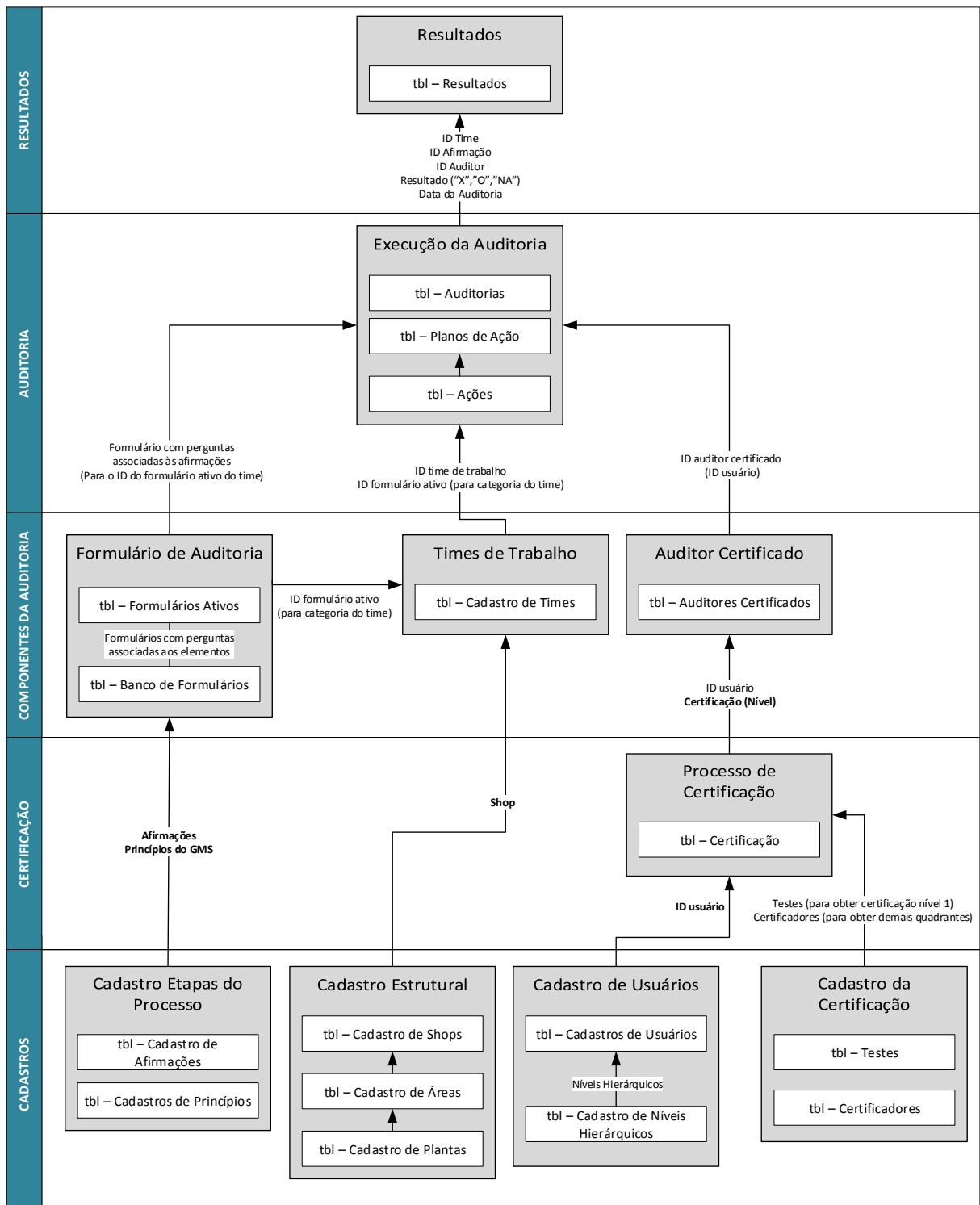
O GIDAE consiste em um banco de dados relacional orientado às afirmações de monitoramento dos elementos do GMS, elaborado em Microsoft Access integrado a um relatório em Microsoft Power BI que permite a análise dos dados capturados nas auditorias, a geração de informações a partir deles e dá visibilidade do processo para suportar a tomada de decisões. Suas etapas de desenvolvimento são apresentadas a seguir:

ETAPA 1 – Estruturação: O primeiro passo para a construção do sistema foi estabelecer quais eram as tabelas que deveriam compor o banco de dados e como seria o fluxo de informações entre elas. Para tanto, foi necessário definir quais informações o sistema precisaria armazenar para atender os requisitos do quadro 4 e assim distribuí-los em tabelas para posteriormente agrupá-las em estruturas. Cinco estruturas principais de tabelas foram definidas para o funcionamento do sistema conforme a figura 7:

Cadastros: Nas tabelas da estrutura de cadastros, as informações são inseridas e não sofrem alterações frequentes à não ser que haja mudanças organizacionais como o surgimento de um novo usuário, mudanças de posição hierárquica, surgimento de novos times ou mudanças nos requisitos do GMS. A estrutura de cadastros foi dividida em 4 subgrupos:

- a) cadastro estrutural: Armazena informações referentes às configurações da estrutura organizacional da empresa (shops, plantas e áreas). A figura 8-A esclarece como é a estrutura organizacional considerada para o sistema.
- b) cadastro de Certificação: Nesse subgrupo, estão as tabelas que armazenam as avaliações para certificação de um usuário para que este se torne auditor. Esses cadastros são preenchidos pelo líder de melhoria contínua de acordo com requisitos internos da empresa (no caso da GM, do GMS). No GIDAE, para obter o nível 1 de maturidade e poder executar suas auditorias dentro do sistema, um teste de múltipla escolha previamente elaborado pelo líder do GMS é cadastrado na tabela de testes e deverá ser respondido para cada novo usuário do sistema. No momento em que este obtém aprovação no teste, seu acesso às tabelas de auditorias é liberado e sua certificação passa a ser nível 1. Isto permite o atendimento ao requisito 14 do quadro 4.

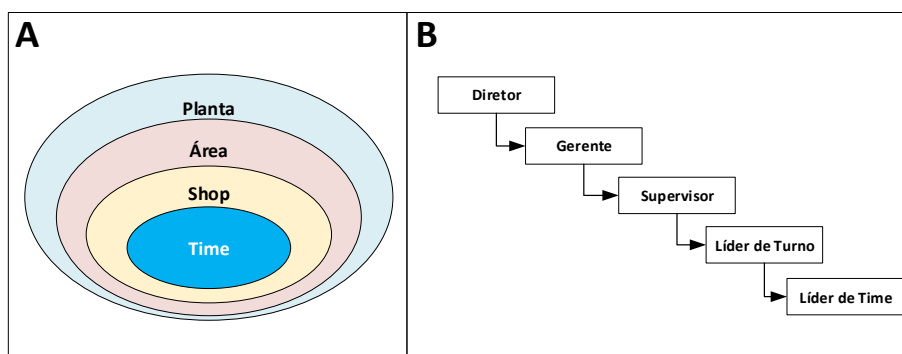
Figura 7 – Estrutura de tabelas do banco de dados



Fonte: Elaborada pelo autor.

c) cadastro de usuários: Contém informações de todos os usuários do sistema, incluindo, sua senha pessoal para que a responsabilidade pelas auditorias não seja delegável (requisito 3 do quadro 4). Nesse subgrupo também está a tabela de cadastros de níveis hierárquicos (que pode mudar de empresa para empresa). Na figura 8-B é apresentado um exemplo de níveis hierárquicos que pode ser cadastrado nessa tabela.

Figura 8 – Estrutura organizacional (A) e hierárquica (B) considerada para o sistema



Fonte: Elaborada pelo autor.

d) cadastro das etapas do processo: Para atender ao requisito 1 do quadro 4, nesse subgrupo foram criadas tabelas para cadastro das principais etapas do processo existentes para auditar (que no caso da GM são os princípios e as afirmações do GMS).

Certificação: A estrutura de certificação é composta por apenas uma tabela que contém os resultados que o usuário (da tabela “Cadastro de Usuários”) obtém ao realizar o teste de múltipla escolha cadastrado na tabela “Testes” e o nível de maturidade em que se encontra (um número inteiro de 1 até 4). Também nessa tabela estão as demais etapas do processo de certificação presencial para obtenção dos demais quadrantes, onde o certificador (da tabela “Certificadores”), após avaliar pessoalmente o desempenho do usuário ao realizar uma auditoria, atribui um novo quadrante ao usuário justificando seu desempenho em cada um dos princípios do GMS.

Componentes da Auditoria: Para realizar uma auditoria são necessários 3 componentes: Um auditor certificado, o formulário da auditoria com as etapas do processo a serem auditadas e um time de trabalho. Nessa estrutura estão reunidas as tabelas desses componentes:

- a) formulário de auditoria: Nesse subgrupo estão as tabelas que gerenciam os formulários montados pela equipe multifuncional de melhoria contínua para realização das auditorias. Na tabela “Formulários de Auditorias” diversos formulários são elaborados criando um banco de formulários. Os formulários contêm perguntas, onde cada pergunta está associada a um elemento do GMS (da tabela “Cadastro de Afirmações”). Na tabela “Formulários Ativos”, os formulários disponíveis na tabela “Banco de Formulários” são atribuídos a uma categoria de time, podendo esta ser: Produção, Manuseio, Qualidade ou Manutenção. Essas tabelas possibilitam a personalização para cada categoria de time permitem que os formulários sejam alterados sempre que necessário (requisito 10 do quadro 4);
- b) times de trabalho: Composto por uma única tabela de cadastro de times que reúne informações como nome, número, posição estrutural (planta, área e shop previamente cadastrados nas tabelas do subgrupo “Cadastro Estrutural”), responsáveis pelo time e categoria do time;
- c) auditor certificado: Após obter aprovação no processo de certificação de 1º quadrante, o usuário passa a ser um auditor certificado e assim passa a ter acesso à realização de suas auditorias. Para tanto, seu ID de usuário (da tabela “Cadastro de Usuários”) e sua certificação (da tabela “Certificação”) são transferidos para a tabela “Auditores Certificados”.

Auditoria: A execução de uma auditoria irá gerar dois documentos: Um formulário de auditoria preenchido com as respostas das perguntas e um plano de ação para os itens não conformes. Para tanto, três tabelas foram criadas nessa estrutura:

- a) Tabela Auditorias: Une os três componentes da auditoria da estrutura anterior ao resultado atribuído pelo auditor à cada pergunta da auditoria. Essa tabela, contém, portanto: ID de usuário do auditor certificado que realizou a auditoria (da tabela “Auditores Certificados”), ID do time (da tabela “Cadastro de Times”), afirmações auditadas (da tabela “Cadastro de Afirmações”) e os resultados (preenchidos pelo auditor para cada pergunta). Possui colunas para que a mesma pergunta seja avaliada por todos os níveis hierárquicos habilitados (requisito 6 do quadro 4). Cada vez que um novo time é cadastrado na tabela “Cadastro de Times” uma linha é incluída na tabela “Auditorias”, por meio de uma programação em VBA (*Visual Basic for Applications*). O resultado atribuído em uma auditoria, portanto, pode ser visualizado por outro auditor em uma auditoria futura e pode sofrer modificações de acordo com a evolução (ou regresso) do time em uma auditoria mais recente;
- b) Tabela Planos de Ação: Quando um novo time é cadastrado na tabela “Cadastro de Times” uma nova linha também é inserida na tabela “Planos de Ação”. As tabelas dessa estrutura receberão as informações sobre os planos de ação para os itens que forem identificados como não conformidades durante as auditorias (Requisito 10 do quadro 4). Uma tabela de planos de ação é criada para cada princípio cadastrado na tabela “Cadastro de Princípios”;
- c) Tabela Ações: Um plano de ação pode possuir várias ações. Cada ação é cadastrada como uma nova linha na tabela “Ações”.

Resultados: Possui somente uma tabela que contém uma cópia da tabela auditorias para que um histórico seja mantido e possa ser analisado, uma vez que na tabela “Auditorias” estão os resultados da última auditoria realizada em um time. Os dados nessa tabela são inseridos através de uma fórmula em VBA. Quando um auditor finaliza sua auditoria, a programação em VBA insere uma linha na tabela de resultados para cada pergunta respondida na tabela “Auditorias”. Cada linha contém as seguintes informações dispostas em colunas: ID do Elemento, ID do Time, ID do auditor, Resultado e Data.

De acordo com a estrutura apresentada, o primeiro passo para utilização do sistema são os cadastros (cadastro das etapas do processo, da estrutura organizacional, dos usuários e dos testes para que os usuários sejam certificados como auditores). Esse primeiro passo deve ser executado por administradores do sistema e pela equipe multifuncional de melhoria contínua que determina quais são os itens a serem auditados e quais são os critérios para certificar um auditor. A partir de então, o sistema já pode ser liberado aos usuários cadastrados, que já podem iniciar seu processo de certificação para que se tornem auditores. Uma vez aprovado, o usuário passa a ter a liberdade de escolher um time de trabalho para auditar. Após a execução da auditoria, os resultados atualizados são mantidos para que sejam visíveis a outros auditores enquanto que uma cópia desses resultados é incluída na tabela de resultados para posterior análise.

ETAPA 2 – Relacionamento das tabelas: A segunda etapa foi construir os relacionamentos entre as tabelas. Os relacionamentos são feitos a partir de campos em comum entre duas ou mais tabelas, permitindo que consultas, formulários e relatórios exibam

informações que estão armazenadas em diferentes tabelas. No caso do GIDAE, todas as tabelas possuem uma chave primária do tipo numeração automática (ID) e é através desse campo que elas se relacionam. Na figura 9, são apresentados os relacionamentos construídos entre as tabelas da estrutura elaborada na etapa 1.

Figura 9 – Tipo de relacionamento entre as tabelas do banco de dados

RELAÇÃO:		CADASTROS								CERT.	COMPONENTES			AUDITORIA		RESLT.			
RELAÇÃO:	Para De	tbl - Cadastro de Plantas	tbl - Cadastro de Áreas	tbl - Cadastro de Shops	tbl - Cadastro de Níveis Hierárquicos	tbl - Cadastro de Usuários	tbl - Cadastro de Princípios	tbl - Cadastro de Afirmações	tbl - Testes	tbl - Certificadores	tbl - Certificação	tbl - Auditores Certificados	tbl - Formulários Ativos	tbl - Banco de Formulários	tbl - Cadastro de Times	tbl - Planos de Ação	tbl - Ações	tbl - Auditorias	tbl - Resultados
		tbl - Cadastro de Plantas		1-∞															
tbl - Cadastro de Áreas		∞-1	1-∞																
tbl - Cadastro de Shops			∞-1												1-∞				
tbl - Cadastro de Níveis Hierárquicos					1-∞														
tbl - Cadastro de Usuários					∞-1					1-1	1-1								
tbl - Cadastro de Princípios							1-∞												
tbl - Cadastro de Afirmações							∞-1						∞-1						
tbl - Testes										1-∞									
tbl - Certificadores																			
tbl - Certificação					1-1			∞-1			1-1								
tbl - Auditores Certificados					1-1					1-1									
tbl - Formulários Ativos													∞-1	∞-1					
tbl - Banco de Formulários							1-∞					1-∞							
tbl - Cadastro de Times				∞-1								1-∞				1-1	1-1	1-∞	
tbl - Planos de Ação														1-1		1-∞	1-1		
tbl - Ações															∞-1				
tbl - Auditorias													1-1	1-1					
tbl - Resultados														∞-1					

LEGENDA:

1-1 Relação "um-para-um"

1-∞ Relação "um-para-muitos"

∞-1 Relação "muitos-para-um"

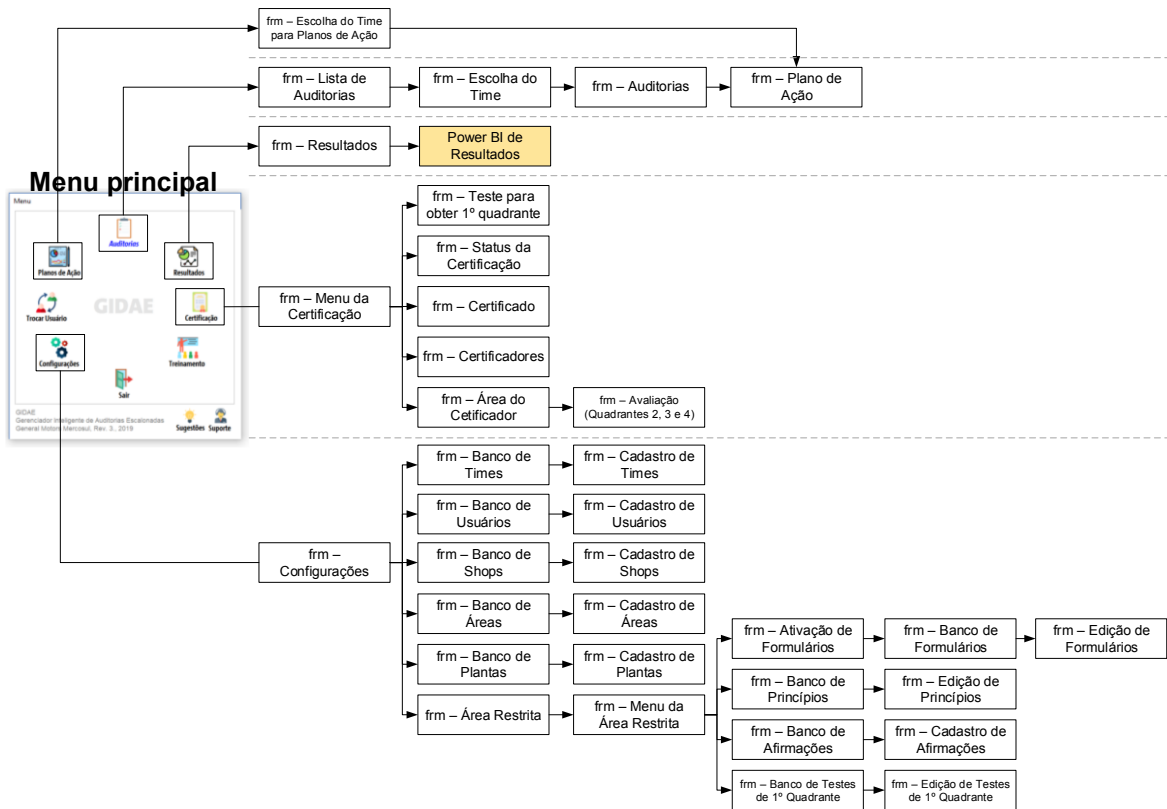
Fonte: Elaborada pelo autor.

A estrutura apresentada pode ser montada em qualquer sistema gerenciador de banco de dados, bastando construir as tabelas e relacionar cada uma delas de acordo com a figura 9.

ETAPA 3 – Construção do *front end*: A terceira etapa de desenvolvimento do sistema foi a construção do *front end*, ou seja, das consultas, formulários, relatórios e programações em VBA para interagir com os dados das tabelas construídas e relacionadas nas etapas anteriores (*back end*). O Microsoft Access oferece recursos para criação desses elementos.

O *front end* foi desenvolvido a partir de um menu principal que conduz o usuário ao acesso das 5 estruturas principais do sistema, através de formulários. A figura 10 apresenta o fluxo de formulários do sistema a partir do menu principal, onde a sigla “frm” indica formulário.

Figura 10 – Fluxo de formulários do *front end*



Fonte: Elaborada pelo autor.

A partir da figura 10, o formulário de auditorias é acessado clicando-se no botão “Auditorias”, em seguida selecionando a opção de “nova auditoria” ou “abrir existente” disponíveis no formulário “Lista de Auditorias”, e por fim escolhendo um time no formulário “Escolha do Time”. O formulário desenhado para a estrutura “Auditorias” é apresentado na figura 11.

Figura 11 – Formulário de auditoria do *front end*

Critério:	FT:		GL:		SA:		GER:		DIR:		Incluir Plano de Ação:	Deméritos:					
	X	O	X	O	X	O	X	O	X	O		FT	GL	S.A.	GER	DIR	
O processo de IDENTIFICAÇÃO DE RISOS está sendo seguido corretamente? (Feed back, fechamento e registro no SEM)?	X	O	NA	X	O	NA	X	O	NA	X	O	NA					
O RDI está atualizado? (Assinaturas, preenchimento, cores corretas, treinamentos realizados).																	
Os documentos (JIT / MATRIZ DE VERSATILIDADE / MATRIZ FLEXIBILIDADE/ Rodizio) estão preenchidos corretamente?																	

Fonte: Elaborada pelo autor.

O formulário apresentado na figura 11 é utilizado para preenchimento dos resultados da auditoria. Quando um auditor clica no botão “Editar”, o formulário habilita (através de programação em VBA) somente a coluna de respostas referente ao seu nível hierárquico e somente as perguntas que são exigidas para ele (previamente selecionadas pelos elaboradores do formulário) - requisitos 5 e 6 do quadro 4. Ao finalizar a auditoria, o auditor clica no botão “Submeter” e as respostas de cada pergunta são enviadas para a tabela de resultado juntamente com suas respectivas afirmações ao qual estão relacionadas, ID do auditor, data e ID do time. Também nesse formulário, quando uma não conformidade é encontrada (quando o auditor seleciona a opção “X” como resposta para a pergunta), um botão de inclusão de plano de ação é habilitado à direita na linha da pergunta que permite que o auditor acesse o formulário para inclusão de um plano de ação (requisito 9 do quadro 4). Todas as funcionalidades do formulário (como a ação de cada botão) são feitas através de programação em VBA.

Ao acessar o botão “Resultados” do menu principal, uma fórmula em VBA abre o arquivo em Power BI que contém as análises dos dados de todas as tabelas inseridas no sistema.

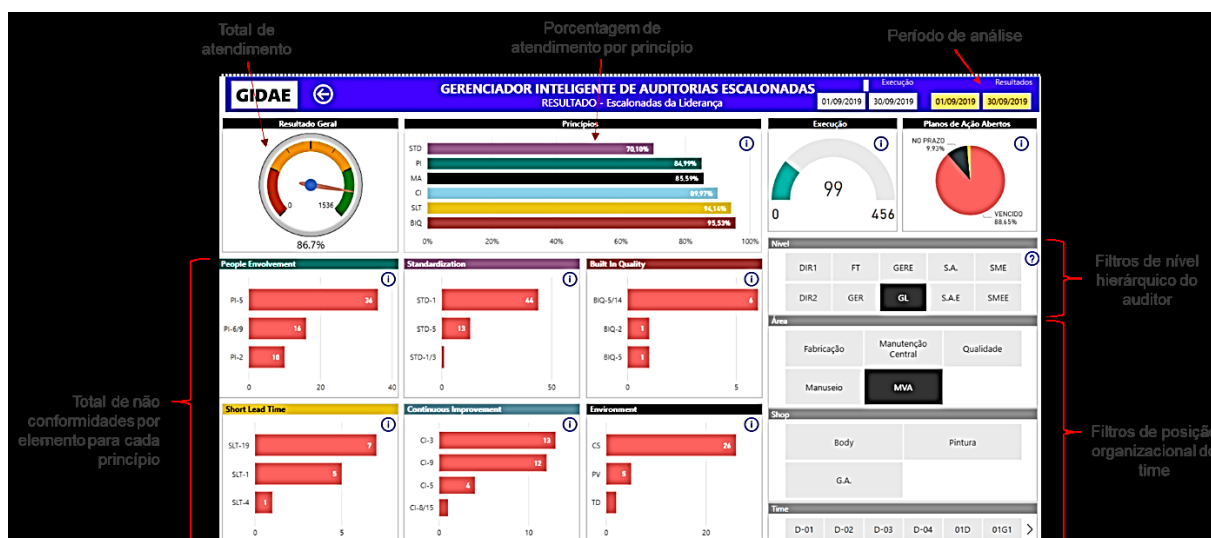
ETAPA 4 – Integração com o Microsoft Power BI: A última etapa de desenvolvimento do sistema foi a integração do Microsoft Power BI com as tabelas que compõem o *back end* e a elaboração dos *dashboards*, para dar visibilidade aos resultados (requisito 4 do quadro 4).

O Microsoft Power BI possibilita a importação de dados diretamente do Microsoft Access. Uma vez que as tabelas estão relacionadas dentro do banco de dados direta ou indiretamente, as análises são criadas de forma rápida dentro do Power BI, bastando selecionar o tipo de gráfico, os dados das abscissas e os dados das ordenadas.

Para as análises, foram montados 5 relatórios, apresentados a seguir:

Resultados: Análise dos resultados das auditorias. Ele contém a porcentagem de itens atendidos em cada princípio, a quantidade de problemas encontrados em cada elemento, bem como possibilita o filtro por nível hierárquico do auditor, por posição organizacional do time, por time e até por período de execução das auditorias conforme mostra a figura 12:

Figura 12 – Relatório de resultados das auditorias



Fonte: Elaborada pelo autor.

Planos de Ação: Nesse relatório, mostrado na figura 13, é possível visualizar, além dos próprios planos de ação detalhados, a quantidade de planos de ação abertos, bem como a distribuição entre planos vencidos, planos encerrados e planos próximos a vencer (requisito 11 do quadro 4). Também conta com os mesmos filtros disponíveis no relatório de resultados.

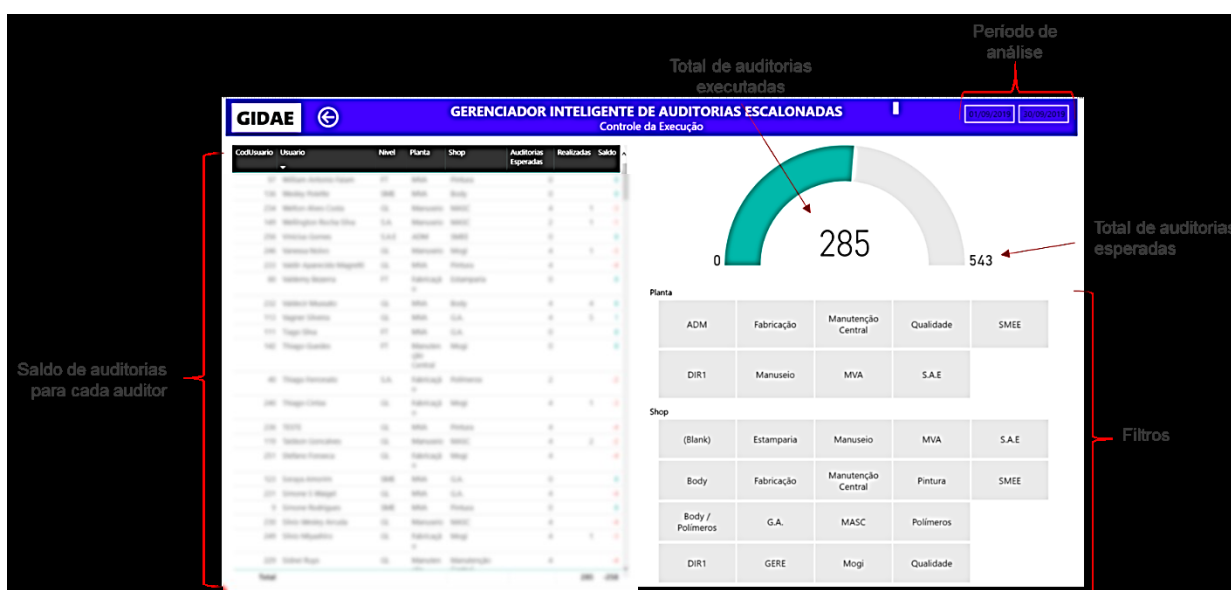
Figura 13 – Relatório de planos de ação



Fonte: Elaborada pelo autor.

Execução: O relatório de execução exibe a quantidade de auditorias esperadas e a quantidade de auditorias executadas para o período selecionado, conforme a figura 14. Também conta com o saldo individual de auditorias por auditor, facilitando, portanto, a verificação de líderes que não estão executando as auditorias, auxiliando a garantir que as auditorias sejam realizadas de acordo com o cronograma (Requisito 13 do quadro 4).

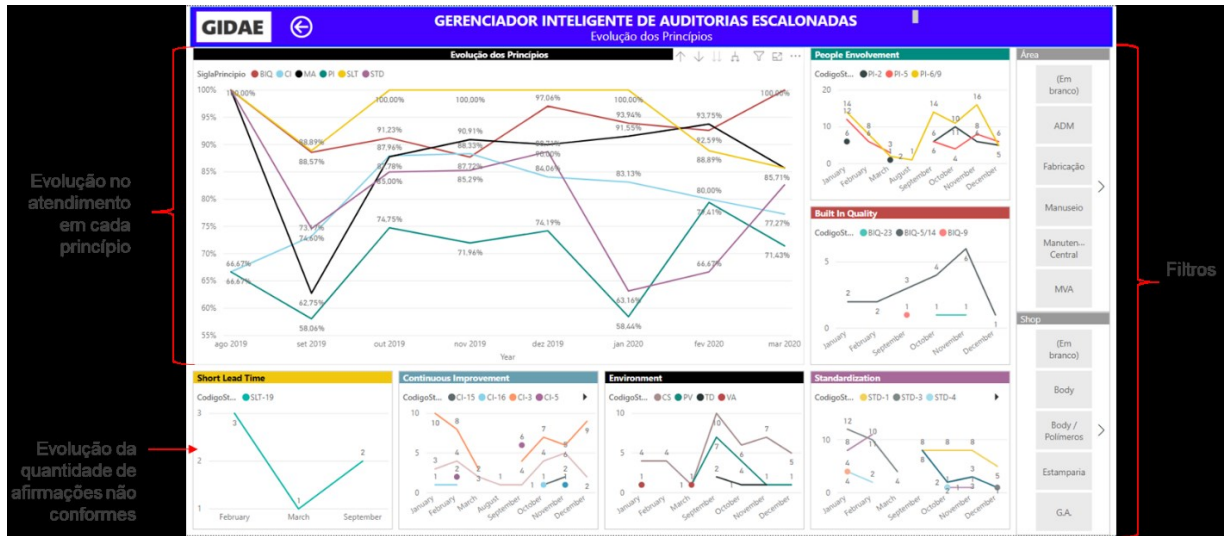
Figura 14 – Relatório de execução



Fonte: Elaborada pelo autor.

Evolução: O relatório de evolução dos princípios ao longo dos meses, mostrado na figura 15, traz visibilidade às não conformidades sistêmicas, bem como permite identificar itens com maturidade elevada e que podem ser substituídos por outras verificações na auditoria (requisito 10 do quadro 4). Além disso, a visibilidade da evolução dos resultados das auditorias possibilita a comparação do impacto das auditorias nas métricas de negócios da organização (requisito 4 do quadro 4).

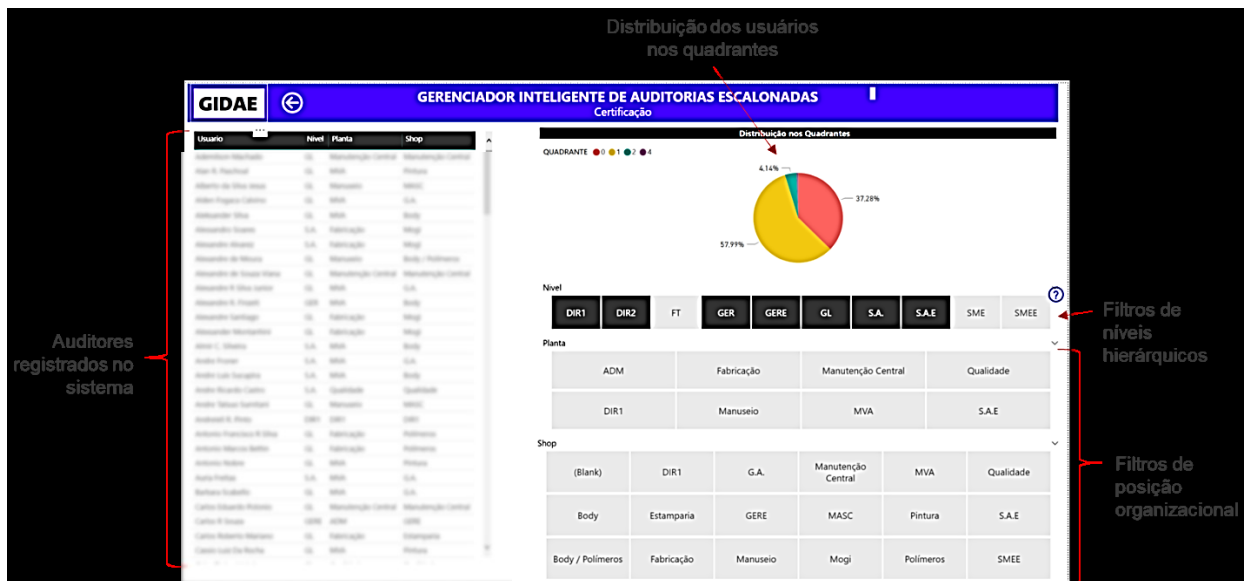
Figura 15 – Relatório de evolução



Fonte: Elaborada pelo autor.

Certificação: Traz visibilidade ao processo de certificação (figura 16), mostrando a distribuição do total de usuários nos quadrantes do GMS. Esse relatório permite que a diretoria estimule a evolução de seus auditores para níveis cada vez maiores de certificação, obtendo um processo de melhoria contínua de suas auditorias e, conseqüentemente, de seus processos.

Figura 16 – Relatório de certificação



Fonte: Elaborada pelo autor.

Com a implementação do GIDAE em setembro de 2019, a General Motors conseguiu:

- a) centralizar um processo que até então acontecia de forma isolada pelos diversos departamentos da empresa;
- b) trazer visibilidade do atendimento à sua filosofia de produção enxuta (GMS) pelo chão de fábrica;
- c) identificar problemas sistêmicos através da visibilidade das afirmações que mais apresentavam não conformidades;
- d) aumentar a execução de suas auditorias escalonadas pela liderança (295 auditorias realizadas em setembro de 2019 e 346 em novembro de 2019);
- e) elevar a qualidade de suas auditorias através do gerenciamento da certificação dos auditores (até fevereiro de 2020, 195 auditores foram certificados).

5 CONCLUSÃO

Muito mais do que automatização da produção, a Indústria 4.0 envolve a capacidade da empresa se auto adaptar ao dinamismo de um mercado imprevisível e em constante mudança. Nesse contexto, rapidez é a palavra-chave. Entretanto, rapidez envolve velocidade e assertividade nas tomadas de decisões, uma vez que decisões erradas poderiam gerar retrabalhos e atrasos. Para que isso seja possível, contudo, informações de qualidade precisam estar disponíveis. Além disso, rapidez envolve velocidade na implementação das decisões.

A tecnologia tem oferecido soluções inovadoras para tornar os dados cada vez mais disponíveis e confiáveis como big data, computação em nuvem, *softwares* de simulações, integração de sistemas e os mais diversos sistemas que podem receber informações de variadas fontes e transformá-las em informações que suportam a tomada de decisão. Por outro lado, o ser humano ainda é o motor que impulsiona a implementação dessas decisões. Desta forma, as pessoas que irão interagir nesse novo ambiente industrial precisam estar capacitadas a lidar com novas tecnologias. Isso significa que elas devem não só aprender como utilizá-las, mas também entender seus benefícios, confiar nelas e principalmente entender que a nova forma de trabalhar é baseada em dados e que estes escondem em si grande valor. Isso exige que elas também contribuam com sua *expertise* compartilhando abertamente aquilo que sabem para gerar conhecimento e que estejam abertas a mudanças.

As auditorias escalonadas se apresentam como uma poderosa ferramenta de comunicação, uma vez que, coloca toda a liderança onde o trabalho acontece e aproxima níveis hierárquicos permitindo a troca aberta de conhecimento e de visões. Se a visão da empresa é participar da 4ª revolução industrial e ela sabe quais são os requisitos para atingir esse objetivo, as auditorias escalonadas de processo irão auxiliar a diretoria a disseminar essa visão à toda cadeia de líderes até que chegue ao trabalhador do chão de fábrica e, por fim, se torne parte da cultura da empresa como um todo. Além disso, em um ambiente em constante mudança, as auditorias garantem que os processos principais estão sendo executados da forma correta.

Fazer com que as auditorias sejam efetivas, no entanto, pode ser um processo complexo, sendo indispensável um bom sistema de gerenciamento. No artigo foi apresentado um método para construção de um banco de dados capaz de gerenciar o processo de auditorias escalonadas como um todo, desde a certificação dos auditores até a execução das auditorias e a geração de resultados. Independentemente do software gerenciador de banco de dados e como esses resultados serão gerados, o método de construção apresentado

poderá ser aproveitado para adaptação a qualquer tipo de indústria, podendo inclusive ser aprimorado através da integração com outros sistemas internos da empresa (tecnologia habilitadora de “sistemas integrados” da Indústria 4.0) e fazendo com que seja gerenciado através de *smartphones* (IoT).

Implementar auditorias escalonadas de processo e potencializá-las através de um sistema de gerenciamento é o caminho para uma transformação organizacional e cultural capaz de se auto adaptar às constantes mudanças que têm sido exigidas das indústrias pelo dinamismo cada vez maior do mercado.

REFERÊNCIAS

AUTOMOTIVE INDUSTRY ACTION GROUP - AIAG. **CQI-8 Layered process Audits Guideline**. Southfield. Michigan, 2005.

APPLIED LOGISTICS. **75% of all defects are due to process non conformance**. c2016. Disponível em: <http://appliedlogistics.net/industries/manufacturing/layered-process-audits/> Acesso em: 13 mai. 2020.

BALDWIN, Alan E.; SOHAL, Amrik; O'NEILL, Peter PENTEK. **The Effect of Preventive Actions in Dental Care on Improved Health Outcomes**. c2011. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Alan_Baldwin/publication/246044842_The_Effect_of_Preventive_Actions_in_Dental_Care_on_Improved_Health_Outcomes/links/0deec51d923c3784e7000000/The-Effect-of-Preventive-Actions-in-Dental-Care-on-Improved-Health-Outcomes.pdf. Acesso em: 14 abr. 2020.

CARDOSO, Renan Coradine Moliga. **Caminhos da manufatura: uma abordagem à manufatura digital**. 1. ed. São Paulo: PoloBooks, 2016.

HERMANN, Mario; PENTEK, Tobias; OTTO, Boris. **Design principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review**. c2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/307864150_Design_Principles_for_Industrie_44_Scenarios_A_Literature_Review. Acesso em: 23 abr. 2020.

KOZÁK, Štefan; RUŽICKÝ, Eugen; ŠTEFANOVIC, Juraj; SCHINDLER, Frank. Research and education for Industry 4.0: present development. *In: PROCEEDINGS OF THE 29TH INTERNATIONAL CONFERENCE 2018 CYBERNETICS & INFORMATICS (K&I), 29th, 2018, Lazy pod Makytou*. Artigo. Pan-European University, 2018.

LABORATÓRIO ABERTO DE BRASÍLIA. **Indústria do futuro**. 2020. Disponível em: <http://www.laboratorioaberto.com.br/industria-do-futuro/>. Acesso em: 12 mar. 2020.

LAMAS, Paula Fraga; CARAMÉS, Tiago M. Fernández; NOVOA, Óscar Blanco; MONTESINOS, Miguel A. Vilar. A Review on industrial augmented reality systems for the Industry 4.0 shipyard. **IEEE**. Ferrol, v. 6, 10.1109, p. 13358-13375, 28 Mar. 2018.

QI, Qinglin; TAO, Fei. Digital Twin and Big Data Towards Smart Manufacturing and Industry 4.0: 360 Degree Comparison. **IEEE**. Beijing, Vol. 6, 10.1109, p. 3585-3593, 28 fev. 2018.

REIS, Antônio Carlos Coutinho dos. **Implementação da manufatura enxuta na General Motors do Brasil: avaliação do desdobramento do plano de negócios na planta S-10**. 2004. 152 f. Mestrado (Gestão e Desenvolvimento Regional) – Universidade de Taubaté, Taubaté, 2004.

SCHUH, G. Anderl et. al. **Industrie 4.0 Maturity Index**: managing the digital transformation of companies (acatech STUDY). Munich. Herbert Utz Verlag, 2017.

SITTSAMER, Murray J.; OXLEY, Michael R.; O'HARA, William. **Turbocharge your preventive action system**. Quality Progress, Troy, Michigan, v. 40, n. 11, p. 37-40, Nov. 2007.

STOOP, Eric. **Layered process audit programs**: a fast-track strategy for reducing cost of quality. c2017. Disponível em: <https://www.qualitymag.com/articles/94334-layered-process-audit-programs-a-fast-track-strategy-for-reducing-cost-of-quality>. Acesso em: 11 abr. 2020

ULLRICH, André et. al. **Audit - and then what? A roadmap for digitization of learning factories**. In: CONFERENCE ON LEARNING FACTORIES, 9th, 2019, Braunschweig. Artigo. Elsevier B. V., 2019. p. 162-168.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por cuidar de minha trajetória a cada dia.

Agradeço à General Motors, por oferecer oportunidades de aprendizado únicas em minha vida profissional.

Agradeço à Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica pela disponibilização de um curso com tema atual e de grande relevância ao cenário mundial.

Agradeço aos meus amigos, por acreditarem em meu potencial e por estarem ao meu lado em todos os momentos.

Agradeço ao Prof. Me. Thiago Amici pelo entusiasmo em compartilhar seu vasto conhecimento.

Agradeço à minha família, pelo amor, incentivo e apoio em todas as minhas decisões.

SOBRE OS AUTORES



GUILHERME LOTTO CARDOSO

Engenheiro Mecânico graduado pelo Centro Universitário da FEI (2017) e Pós-graduado em Indústria 4.0 pela Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica (2019). Profissional com experiência na área de otimização de processos de manufatura e na área de pintura automotiva. Possui conhecimentos em ferramentas de produtividade para atividades de engenharia de produção ou de projeto. Líder do projeto de estágio vencedor na empresa Prysmian, em 2016.

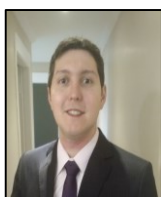
Sete vezes reconhecido formalmente por projetos e melhorias nos processos internos da General Motors entre 2017 e 2019. Atualmente é engenheiro de qualidade e líder de projetos Opex na General Motors.

JOSÉ ROBERTO DOS SANTOS



Atualmente ministra aulas na pós-graduação de Indústria 4.0 e na graduação em Tecnologia em Mecatrônica na Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica, que fica no SENAI Armando de Arruda Pereira. Assessora também o Instituto SENAI de Tecnologia Metalmeccânica em projetos industriais com foco na Indústria 4.0. Durante 9 anos ministrou aulas pelo SENAI-SP, nos cursos de técnico em eletroeletrônica, cursos de aprendizagem industrial eletricitista de manutenção e mecânico de usinagem, além de Formação Inicial e Continuada (FIC) com cursos voltados a área de redes de computadores e programação, possui treinamento de Linux, cisco e Microsoft.

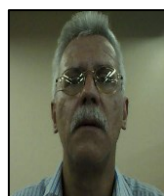
Possui Pós-graduação na área de segurança da informação pela Uninove (2016), graduação em tecnologia da informação e bacharel em sistema da informação (2009), além de superior em Automação industrial. Tem experiência na área de Segurança da informação, administração de ambientes de redes Windows e Linux, automação indústria.



THIAGO TADEU AMICI

Atualmente ministra aulas na pós-graduação de Indústria 4.0 e na graduação em Tecnologia em Mecatrônica na Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica, que fica no SENAI Armando de Arruda Pereira. Assessora também o Instituto SENAI de Tecnologia Metalmeccânica em projetos industriais com foco na Indústria 4.0. Durante 7 anos ministrou aulas pelo SENAI-SP, nos cursos de técnicos de Mecatrônica, Automação Industrial, Eletrônica e Eletroeletrônica, além de Formação Inicial e Continuada (FIC) com cursos voltados ao CLP da Siemens. Possui mestrado

em Automação e Controle e Processos pelo Instituto Federal de Ciências e Tecnologia de SP (IFSP - 2018), graduação em Engenharia Elétrica pela Faculdade de Engenharia São Paulo (2012), graduação em Tecnologia em Automação Industrial pelo IFSP (2009) e ensino profissionalizante em Eletrônica pela Instituição Liceu de Artes e Ofícios de São Paulo (2002). Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, Automação Industrial, Mecatrônica, Robótica e Indústria 4.0. Experiência internacional na aprovação de linha de produção (Cavemil) em Milão na Itália e sua instalação no Brasil. Participou do desenvolvimento do projeto, programação, montagem e apresentação da Linha de Manufatura Avançada Industrial 4.0 realizada em parceria entre o SENAI-SP e a ABIMAQ, que foi exposta na FEIMEC 2018 e da linha de Confecção 4.0, em parceria entre o SENAI-SP e a ABIT.



PAULO SEBASTIÃO LADIVEZ

Possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Mogi das Cruzes (1984) com especialização em Tecnologias e Sistemas de Informação pela Universidade Federal do ABC (2013). Atualmente é professor da Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica, lecionando as disciplinas Projetos, Microcontroladores, Linguagem de Programação no curso Tecnológico em Mecatrônica Industrial e na Pós-Graduação em

Automação Industrial. Tem experiência na área de Engenharia Eletrônica, com ênfase em Automação Industrial e Mecatrônica, atuando principalmente nos seguintes temas: Mecatrônica, Manufatura Digital, Redes Industriais, Automação Industrial, Microcontroladores e Controle.