

Inclusão e acessibilidade em IHM: ajuste de contraste nas interfaces do SDCD ABB para pessoas com limitação na percepção de cores

Inclusion and accessibility in HMI: contrast adjustment in ABB DCS interfaces for people with color perception limitations

Francisco Clécio Sousa Santiago 

Petrobras, Aquiraz-Ceará, Brasil.

E-mail: franciscoclecio@petrobras.com.br

Palavras-chave:

Acessibilidade.
Discromatopsia.
Interfaces Homem-Máquina.
SDCD ABB.
Inclusão.
Ergonomia Industrial.

Keywords:

Accessibility.
Color Blindness.
Human-Machine
Interfaces.
ABB DCS.
Inclusion.
Industrial Ergonomics.

Recebido:

11 de abril de 2025

Aceito para publicação:

10 de outubro de 2025

Publicado:

22 de outubro de 2025

<https://doi.org/10.70369/txspvm07>



RESUMO

Este artigo apresenta a adequação de interfaces homem-máquina (IHMs) do Sistema Digital de Controle Distribuído (SDCD) ABB, com foco em operadores com discromatopsia. A metodologia foi estruturada em etapas integradas, iniciando pelo diagnóstico do problema relatado por um operador que apresentou dificuldades na diferenciação de cores na console de operação. Em seguida, foram realizados testes de acessibilidade, conforme a norma ISA-101, incluindo leitura de alarmes por prioridade, execução de comandos por botões coloridos e interpretação de indicadores gráficos, acompanhados por equipe multidisciplinar das áreas de saúde, gestão e automação. O mapeamento dos aspectos críticos identificou duas limitações principais: a dificuldade de leitura dos alarmes de prioridade 1, devido ao baixo contraste entre cores de texto e fundo, e a baixa perceptibilidade do indicador Last One, causada pela espessura e tonalidade inadequadas da linha. A partir desse diagnóstico, a equipe de automação aprofundou a análise sobre discromatopsia, considerando classificação científica, prevalência e referências normativas. Com base nesses elementos, foram definidos critérios de adequação utilizando a ISA-101, a NR-17 e a ABNT NBR ISO 9241. Estruturou-se então uma gestão de mudança no sistema SAP SMS GM, assegurando coordenação multidisciplinar. As soluções implantadas contemplaram o aumento de contraste entre cores de texto e fundo nos alarmes de prioridade 1 e o reforço visual do indicador Last One. A validação pós-mudança confirmou ganhos de acessibilidade sem impactos negativos para usuários sem limitações visuais, consolidando a acessibilidade como prática estratégica e replicável em sistemas industriais. As soluções foram incorporadas à biblioteca Brasil Oil & Gas 6.1.0 do SDCD ABB, possibilitando sua aplicação em outras unidades da Petrobras.

ABSTRACT

This article presents the adaptation of human-machine interfaces (HMIs) of the ABB Distributed Control System (DCS), with a focus on operators with dyschromatopsia. The methodology was structured in integrated stages, starting with the diagnosis of the problem reported by an operator who experienced difficulties in distinguishing colors on the operation console. Subsequently, accessibility tests were carried out in accordance with ISA-101, including alarm reading by priority, execution of commands using color-coded buttons, and interpretation of graphical indicators, all monitored by a multidisciplinary team from health, management, and automation areas. The mapping of critical aspects identified two main limitations: the difficulty in reading priority 1 alarms due to the low contrast between text and background colors, and the low perceptibility of the Last One indicator, caused by inadequate line thickness and tone. Based on

this diagnosis, the automation team conducted an in-depth analysis of dyschromatopsia, considering scientific classification, prevalence, and normative references. Based on these elements, adequacy criteria were defined using ISA-101, NR-17, and ABNT NBR ISO 9241. A change management process was then structured in the SAP SMS GM system, ensuring multidisciplinary coordination. The implemented solutions included increasing the contrast between text and background colors in priority 1 alarms and enhancing the visual representation of the Last One indicator. Post-change validation confirmed accessibility improvements without negative impacts for users without visual limitations, consolidating accessibility as a strategic and replicable practice in industrial systems. The solutions were incorporated into the Brasil Oil & Gas 6.1.0 library of the ABB DCS, enabling their application in other Petrobras units.

1 INTRODUÇÃO

A acessibilidade está relacionada à capacidade de um ambiente, produto, sistema ou serviço ser utilizado de forma segura, autônoma e eficaz pelo maior número possível de pessoas, incluindo aquelas com deficiências temporárias ou permanentes, limitações funcionais ou restrições sensoriais, cognitivas ou motoras. Em contextos industriais e tecnológicos, acessibilidade implica projetar sistemas que assegurem igualdade de acesso à informação, facilidade de operação e interação eficiente e segura para todos os usuários, independentemente de suas capacidades individuais.

No cenário atual da automação e controle de processos, a acessibilidade deixou de ser apenas um requisito legal ou uma demanda social para se consolidar como um fator estratégico na construção de interfaces mais eficazes, inclusivas e resilientes. Normas internacionais como a ABNT NBR ISO 9241 (ergonomia da interação humano-sistema) e a ISA-101 (padrões de IHM para automação de processos) reforçam que o projeto de sistemas deve considerar, desde as fases iniciais, as diversas necessidades dos usuários, promovendo usabilidade e apresentação consistente das informações, com adaptação ao contexto de uso.

Acessibilidade em ambientes industriais é essencial para garantir a segurança e a eficiência operacional. As interfaces homem-máquina (IHMs) são essenciais para a segurança e eficiência operacional, mediando a interação entre operadores e sistemas automatizados. No entanto, operadores com deficiências visuais, como a discromatopsia, podem enfrentar dificuldades na identificação de informações críticas, como alarmes prioritários e indicadores operacionais.

A ausência de adaptação das interfaces pode comprometer diretamente a segurança, aumentando o risco de erros operacionais. Por isso, a adequação das IHMs às necessidades de todos os perfis de operadores está alinhada às boas práticas de ergonomia e inclusão no ambiente de trabalho.

Este artigo apresenta uma solução aplicada ao Sistema Digital de Controle Distribuído (SDCD) ABB, com foco na otimização da experiência de operadores com discromatopsia. Ressalta-se

que o contraste de cores é um dos principais fatores para garantir a legibilidade e a interpretação correta de alarmes e indicadores. Independentemente do tipo de discromatopsia, o uso adequado de contraste — tanto em luminosidade quanto em tonalidade — aumenta a confiabilidade da interface, melhora a percepção visual e promove um ambiente de trabalho mais acessível e seguro.

2 OBJETIVO

O objetivo deste estudo é aprimorar a acessibilidade das interfaces homem-máquina (IHMs) do Sistema Digital de Controle Distribuído (SDCD) ABB, de modo a permitir que operadores com discromatopsia possam identificar com clareza informações críticas, como alarmes prioritários e demais dados operacionais relevantes. A proposta enfatiza o uso adequado de contraste entre as cores como recurso essencial para garantir legibilidade e promover uma experiência de operação mais inclusiva, em conformidade com normas técnicas como a ISA-101, NR-17 e ABNT NBR ISO 9241.

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 Diagnóstico do problema

Um operador de campo foi selecionado para realizar atividades em uma estação de trabalho de uma unidade industrial, onde ocorre a interação com o sistema para monitoramento e controle dos processos (console de operações). Durante os primeiros contatos com essa nova função, o operador relatou dificuldades na percepção de determinadas cores, possivelmente associadas à discromatopsia. Para avaliar sistematicamente essas limitações, foi conduzida uma série de testes de acessibilidade, em conformidade com as diretrizes da norma ISA-101, com o acompanhamento de uma equipe multidisciplinar composta por especialistas em saúde, operação e automação.

3.2 Testes de acessibilidade

O principal objetivo dos testes foi identificar restrições operacionais que pudessem comprometer a segurança e a eficiência da operação, bem como apontar fragilidades do sistema que limitavam a acessibilidade, considerando aspectos como legibilidade, contraste e perceptibilidade visual. Uma equipe formada por dois profissionais da área de saúde, um representante da gestão da equipe de operação e um técnico de automação acompanhou os testes aplicados ao operador. As simulações contemplaram situações representativas do cotidiano de um operador de console de operações, incluindo a interpretação de informações críticas apresentadas em listas, ícones e elementos gráficos da tela de supervisão.

Na lista de alarmes, as informações são apresentadas em cores distintas, de acordo com suas prioridades. Todas as cores exibidas foram identificadas corretamente pelo operador, sendo observada a utilização de estratégias pessoais para diferenciação, mesmo na presença de

limitação visual. Nos botões de comando de liga e desliga — representados pelas cores verde e vermelha, respectivamente — não foram constatadas dificuldades operacionais. Além da diferenciação por cor, os botões apresentam formas distintas, o que favorece a interpretação visual. Conforme a ISA-101, a cor constitui um recurso auxiliar e não deve ser o único critério para distinção entre estados em uma IHM.

Embora o desempenho operacional geral tenha sido considerado satisfatório, foram identificadas dificuldades específicas por parte do operador na distinção dos alarmes de maior criticidade, os de prioridade 1, atribuídas à inadequação dos parâmetros de contraste entre as cores, bem como na apresentação da informação operacional referente à “última bomba que operou” (*Last One*). Tais evidências mostraram a necessidade de promover ajustes nas interfaces homem-máquina, de forma a contemplar diferentes perfis visuais e assegurar a acessibilidade de usuários com limitações na percepção de cores.

3.3 Aspectos críticos mapeados

3.3.1 Primeiro aspecto – Dificuldade na leitura de alguns alarmes

O primeiro aspecto refere-se à exibição das informações de alarmes de processo nas diferentes listas, classificadas por tipo: alarmes de processo, de sistema, não reconhecidos, inibidos, entre outros. Esses alarmes são apresentados em uma caixa com fundo preto, sendo diferenciados por prioridade, a qual determina a cor utilizada em sua indicação. No entanto, o problema ocorre especificamente com os alarmes de prioridade 1, cuja cor do texto é vermelha. A sobreposição do vermelho no fundo preto gera baixo contraste, dificultando a leitura e a identificação das informações. Somado a essa condição, se operador estiver um pouco distante da tela fica impossível a leitura, condição também relatada por pessoas que não possui nenhuma limitação. Por outro lado, a apresentação dos alarmes de outras prioridades não gerou dúvidas ou dificuldades de percepção, uma vez que já utilizavam contrastes adequados.

Figura 1. Lista de alarmes (Original)

	Pri	Event Time	Object Name	Object Description
8	05/09/24	09:56:17:765	VR_LI-033	VASO SELAGEM DA B-210102A
1	1	05/09/24 09:56:17:765	VR_LALL-033	NIVEL M BAIXO SELO B-210102A
2	3	05/09/24 09:56:16:234	VR_LALL-033	NIVEL M BAIXO SELO B-210102A
3	6	05/09/24 09:56:14:265	VR_LI-033	VASO SELAGEM DA B-210102A
4	8	05/09/24 09:56:12:728	VR_LI-033	VASO SELAGEM DA B-210102A
5	1	05/09/24 09:56:12:728	VR_LALL-033	NIVEL M BAIXO SELO B-210102A
6	3	05/09/24 09:56:08:250	VR_LALL-033	NIVEL M BAIXO SELO B-210102A
7	6	05/09/24 09:56:06:282	VR_LI-033	VASO SELAGEM DA B-210102A
8	8	05/09/24 09:56:04:203	VR_LI-033	VASO SELAGEM DA B-210102A
9	6	05/09/24 09:56:02:781	VR_LI-033	VASO SELAGEM DA B-210102A
10	1	05/09/24 09:56:02:562	VP_PDAH-007	DIFERENCA ENTRE PT-007A/PT-007B
11	4	05/09/24 09:56:00:150	VP_PDAH-007	DIFERENCA ENTRE PT-007A/PT-007B
12	8	05/09/24 09:55:59:712	VR_LI-033	VASO SELAGEM DA B-210102A
13	6	05/09/24 09:55:59:392	VR_TI-040D	PAREDE RECHEIO DN MEDIO T-21010:
14	6	05/09/24 09:55:57:748	VR_LI-033	VASO SELAGEM DA B-210102A
15	1	05/09/24 09:55:57:092	VP_PDAH-007	DIFERENCA ENTRE PT-007A/PT-007B
16	4	05/09/24 09:55:53:594	VP_PDAH-007	DIFERENCA ENTRE PT-007A/PT-007B
17	1	05/09/24 09:55:44:737	VR_LALL-033	NIVEL M BAIXO SELO B-210102A
18	8	05/09/24 09:55:44:737	VR_LI-033	VASO SELAGEM DA B-210102A
19	3	05/09/24 09:55:43:753	VR_LALL-033	NIVEL M BAIXO SELO B-210102A
20	6	05/09/24 09:55:41:780	VR_LI-033	VASO SELAGEM DA B-210102A

Fonte: ABB System 800xA – Versão 6.1.0

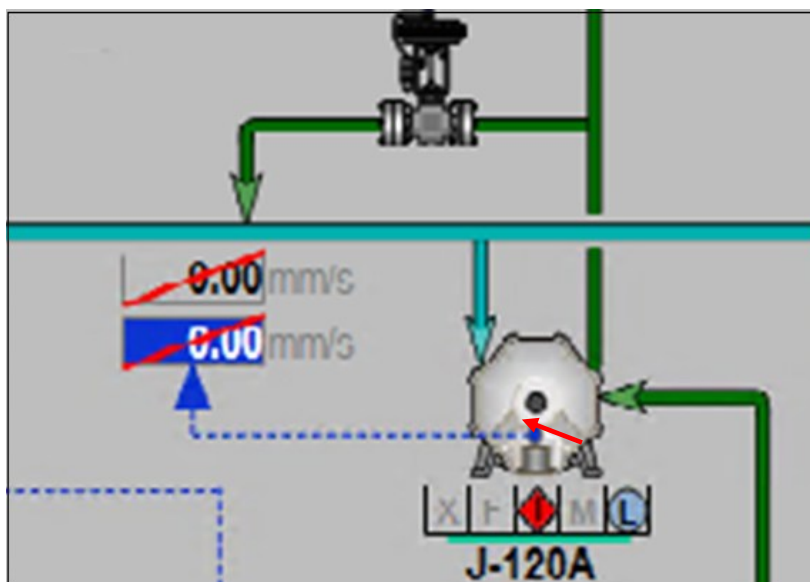
3.3.2 Segundo aspecto – Dificuldade na percepção do *Last One*

A função *Last One*, ou “Última bomba que operou”, é um recurso gráfico de apoio à operação utilizado em sistemas de supervisão e controle, com a finalidade de indicar visualmente qual equipamento, entre dois ou mais redundantes, foi o último a entrar em operação. Essa funcionalidade é comumente aplicada a conjuntos de bombas, compressores ou ventiladores dispostos em arranjo paralelo, nos quais a lógica de controle define a ativação com base em critérios operacionais, de carga ou de tempo acumulado de funcionamento. Além disso, o recurso facilita a identificação do equipamento alinhado ao processo em caso de parada operacional, reduzindo o tempo de retomada e minimizando a ocorrência de erros.

No sistema ABB 800xA, a indicação é representada por um traço gráfico — geralmente uma linha ou marca visual e atua exclusivamente como elemento informativo, sem interferir no controle automático, permitindo ao operador compreender rapidamente o comportamento recente da lógica de alternância, identificar possíveis falhas ou desvios nas operações.

Essa informação era exibida por meio de uma linha de espessura leve, na cor verde clara, sobre um plano de fundo em cinza médio, posicionada logo abaixo do símbolo gráfico da bomba. A combinação de cor, espessura reduzida e tonalidade do fundo resultava em baixo contraste visual, comprometendo significativamente a visibilidade do indicador e dificultando a percepção rápida da informação pelo operador.

Figura 2. Última bomba que operou – “*Last One*” (Original)



Fonte: ABB System 800xA – Versão 6.1.0

Os dois problemas foram atribuídos à combinação de cores da interface, que não estava otimizada para pessoas com limitações visuais. Diante disso, o operador comunicou sua condição — discromatopsia — e solicitou a adaptação da interface homem-máquina (IHM) do

SDCD, com o objetivo de ampliar a segurança e a confiabilidade nas operações, além de mitigar os problemas identificados. A partir dessa demanda, a equipe de automação direcionou esforços para aprofundar a compreensão sobre a deficiência visual e avaliar alternativas técnicas que viabilizassem a implementação de soluções acessíveis e inclusivas, assegurando maior efetividade no processo operacional.

3.4 Discromatopsia: aspectos clínicos, históricos e técnicos

A discromatopsia é uma condição visual caracterizada pela dificuldade ou incapacidade de perceber corretamente determinadas cores. O termo tem origem no grego — *dys* (deficiência), *chroma* (cor) e *opsis* (visão) — e é utilizado na medicina para designar de forma ampla os distúrbios relacionados à percepção cromática. A forma mais conhecida de discromatopsia é o daltonismo, termo popular derivado do cientista britânico John Dalton, que também era portador dessa limitação visual. Aos 28 anos, Dalton publicou o primeiro artigo científico sobre o tema, intitulado *Extraordinary facts relating to the vision of colours*, estabelecendo as bases para o estudo da percepção das cores, e dando origem ao uso do termo em sua homenagem.

3.4.1 Classificação Científica

A percepção das cores no olho humano depende da presença e do funcionamento adequado de três tipos de cones fotossensíveis na retina. Esses três tipos de cones permitem a percepção das cores por meio da combinação de estímulos em diferentes proporções, formando o espectro de cores visível ao olho humano, cada um sensível a diferentes comprimentos de onda:

Cones M (Sensíveis ao verde): Comprimentos de onda em torno de 534–545 nm,

Cones L (Sensíveis ao vermelho): Comprimentos de onda em torno de 564–580 nm,

Cones S (Sensíveis ao azul): Comprimentos de onda em torno de 420–440 nm.

A discromatopsia ocorre quando há ausência ou alteração funcional em um ou mais desses tipos de cones. Os principais tipos são:

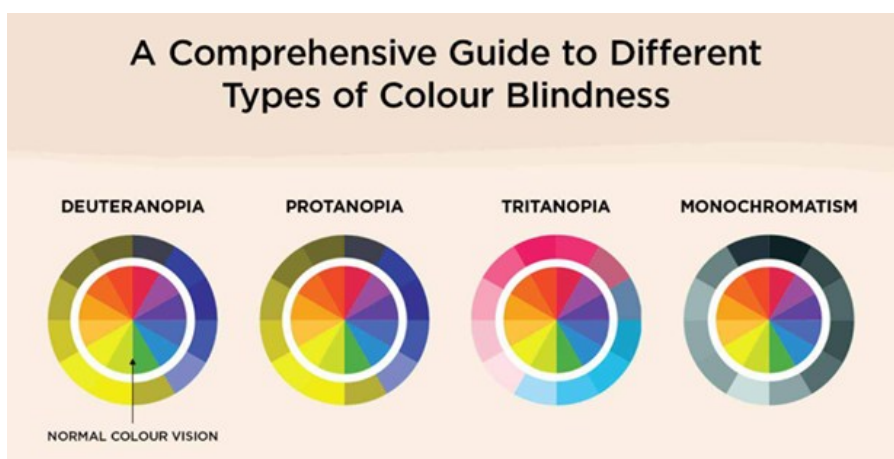
Deuteranopia: ausência ou disfunção dos cones M, afetando a percepção de tons de verde. É a forma mais comum entre as discromatopsias, com prevalência de aproximadamente 5% a 6% nos homens e <0,5% nas mulheres.

Protanopia: ausência ou mau funcionamento dos cones L, resultando em dificuldade para perceber tons de vermelho. É a segunda forma mais comum, com prevalência de cerca de 1% a 2% nos homens e <0,1% nas mulheres.

Tritanopia: decorrente da deficiência dos cones S, prejudica a distinção entre tons de azul e amarelo. Trata-se de uma condição rara, com prevalência em torno de 0,01% a 0,03% da população geral.

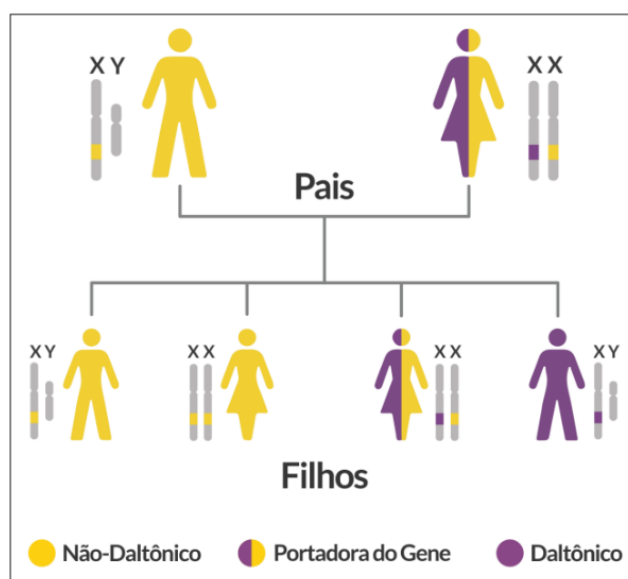
Monocromacia: conhecida como cegueira total para cores, impede os olhos de perceber qualquer cor. Devido à ausência de cones fotossensíveis funcionais, indivíduos com essa condição podem enxergar apenas em tons de cinza, segundo a *National Library of Medicine*. Além disso, podem apresentar outros problemas visuais, como nistagmo e baixa acuidade visual. É considerada o tipo mais raro e grave de discromatopsia, não possui tratamento e ocorre quando o indivíduo depende de apenas um tipo de fotorreceptor. A prevalência estimada é de 1 em cada 30.000 a 50.000 pessoas.

Figura 3. Guia abrangente sobre os diferentes tipos de Discromatopsia



Fonte: OscarWylee.ca

Figura 4. Imagem ilustrativa de como funciona a discromatopsia na genética humana



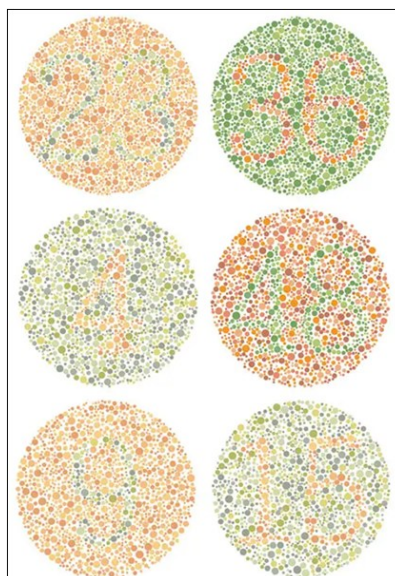
Fonte: Adaptação www.hunterpatients.com

Essas alterações podem ser hereditárias, associadas ao cromossomo X (por isso apresentam maior prevalência em indivíduos XY), ou adquiridas ao longo da vida em decorrência de doenças oculares degenerativas, neuropatias ópticas, lesões retinianas, disfunções neurológicas ou efeitos colaterais de certos fármacos. No caso da herança ligada ao cromossomo X, se um indivíduo do sexo masculino nasce com o único cromossomo X portador do alelo responsável pela discromatopsia, ele inevitavelmente manifestará a deficiência na percepção de cores. Já as mulheres, com dois cromossomos X, podem apresentar um cromossomo afetado e outro normal; nessa situação, geralmente não apresentam sintomas clínicos e podem ser portadoras do gene de forma assintomática. Além disso, fatores epigenéticos e mosaïcismo podem influenciar a expressão da discromatopsia em portadoras heterozigotas, resultando, em casos raros, em manifestações parciais da condição.

3.4.2 Teste de Ishihara

O Teste de Ishihara é o método mais utilizado mundialmente para a detecção do daltonismo, especialmente das deficiências de percepção nas cores vermelho e verde (protanopia e deuteranopia). Criado em 1917 pelo oftalmologista japonês Shinobu Ishihara, o exame consiste em placas compostas por pontos coloridos que formam números ou figuras. Indivíduos com visão cromática normal conseguem identificar os números impressos em contraste com o fundo, enquanto pessoas com deficiência visual de cores apresentam dificuldade ou incapacidade de reconhecê-los. Segundo o *National Eye Institute* (NEI), trata-se de um teste rápido, confiável e amplamente aplicado em consultórios oftalmológicos e em exames de aptidão profissional, embora não seja eficaz para identificar todos os tipos de discromatopsia, como o daltonismo azul-amarelo ou a monocromacia. Dessa forma, ele é considerado um exame de triagem fundamental, mas que pode ser complementado por outros métodos e exames genéticos.

Figura 5. Teste de Ishihara



Fonte: Clevelandclinic.org

3.5 Normas Aplicáveis

O desenvolvimento das adaptações nas interfaces homem-máquina (IHMs) do SDCD ABB foi realizado considerando normas técnicas relevantes, garantindo conformidade com boas práticas de ergonomia, usabilidade e acessibilidade digital. As normas selecionadas abordam princípios de design visual, contraste, legibilidade e interação segura entre operador e sistema.

3.5.1 ISA-101: Human-Machine Interfaces for Process Automation Systems

A ISA-101 estabelece padrões para o projeto de IHMs em sistemas de automação de processos, destacando aspectos de usabilidade, clareza visual e consistência na apresentação de informações. A norma recomenda o uso de cores padronizadas, contraste adequado, hierarquia visual clara e realização de testes de acessibilidade para diferentes perfis de operadores, incluindo aqueles com limitações visuais.

A consistent visual presentation and the use of standardized colors improve operator recognition of critical alarms and reduce the likelihood of misinterpretation. Interfaces should be designed to provide high contrast and legible information for all operators, including those with visual limitations. (INTERNATIONAL SOCIETY OF AUTOMATION, 2015, Seção 5.2 e 7.3).

A recomendação de contraste e cores padronizadas da ISA-101 fundamentou a modificação do fundo dos alarmes e do traço do indicador “última bomba que operou”, garantindo distinção clara de informações críticas.

3.5.2 NR-17: Ergonomia

A NR-17 define requisitos ergonômicos para assegurar conforto, segurança e eficiência no ambiente de trabalho. A norma estabelece que:

Esta Norma Regulamentadora visa estabelecer as diretrizes e os requisitos que permitam a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, de modo a proporcionar um máximo de conforto, segurança e desempenho eficiente. (BRASIL. NR-17, 2021, Item 17.1.1)

As alterações de contraste atendem à NR-17 ao reduzir a fadiga visual do operador e facilitar a identificação rápida de alarmes prioritários, promovendo operação segura e eficiente.

3.5.3 ABNT NBR ISO 9241: Ergonomia da interação humano-sistema

A ABNT NBR ISO 9241 aborda a ergonomia de sistemas interativos, incluindo critérios de contraste, cores, símbolos, layout e legibilidade. A norma enfatiza: "Os sistemas de exibição devem apresentar informações de forma perceptível e compreensível para todos os usuários pretendidos. O contraste adequado, o uso consistente de cores e elementos gráficos claros aumentam a visibilidade e reduzem a carga cognitiva" (ABNT NBR ISO 9241, 2011, Parte 110, Seção 7.2; Parte 210, Seção 8.3).

A mudança na espessura e tonalidade do traço do indicador, *Last One*, segue as recomendações da norma para aumentar a legibilidade e reduzir ambiguidades visuais.

3.5.4 Diretrizes oftalmológicas e de percepção de cores

A literatura médica e ergonômica reforça que o contraste de luminosidade e tonalidade é crítico para a percepção correta das cores, especialmente em indivíduos com discromatopsia, (Casarin, 2015; Bastos, Farina & Perez, 2011). Estudos clínicos indicam que ajustes no contraste entre elementos visuais podem melhorar significativamente a discriminabilidade de cores e a eficácia da informação apresentada (Oliveira et al., 2019). Diretrizes desenvolvidas pelo *Web Content Accessibility Guidelines (WCAG)* orientam a criação de conteúdos digitais acessíveis a todas as pessoas, incluindo indivíduos com deficiências visuais, auditivas, cognitivas ou motoras. O WCAG 2.1, por exemplo, estabelece critérios específicos para contraste de cores com o objetivo de garantir acessibilidade para usuários com limitações visuais, incluindo discromatopsias. O Critério 1.4.3 – Contraste (Mínimo) determina que textos e elementos gráficos de texto devem apresentar uma razão de contraste mínima de 4,5:1 em relação ao fundo, assegurando legibilidade adequada para a maioria dos usuários com deficiência visual (W3C, 2018). Já o Critério 1.4.6 – Contraste (Não Texto) estabelece que componentes da interface e gráficos não textuais devem ter contraste mínimo de 3:1 em relação ao fundo adjacente.

3.6 Sistema Digital e Controle Distribuído (SDCD) - ABB

3.6.1 Sistema ABB 800xA

O sistema ABB 800xA é uma plataforma integrada de automação e controle que combina funcionalidades do Sistema Digital e Controle Distribuído (SDCD), gerenciamento de ativos, segurança funcional, controle de produção e engenharia orientada a objetos do fabricante ABB. Um dos pilares fundamentais dessa arquitetura é sua estrutura de bibliotecas (*Library Structure*), que oferece modularidade, padronização e reuso de componentes de software.

3.6.2 Library Structure

A Library Structure no 800xA consiste em um conjunto de bibliotecas organizadas logicamente, que armazenam objetos de controle, gráficos HMI, funções de engenharia, modelos de alarme e outros componentes reutilizáveis. Essas bibliotecas são fundamentais para o desenvolvimento de aplicações de controle de forma eficiente, padronizada e escalável.

Entre as principais vantagens da estrutura de bibliotecas, destacam-se:

Reusabilidade: objetos podem ser aplicados repetidamente em diferentes projetos;

Padronização: facilita a conformidade com normas e melhores práticas;

Facilidade de manutenção: atualizações propagam-se automaticamente para os objetos instanciados;

Melhoria contínua: possibilita o refinamento incremental dos blocos de controle.

3.6.3 Componentes Típicos da Library Structure

Cada biblioteca pode conter:

Object Types (Tipos de Objetos): estruturas de controle encapsuladas com lógica, variáveis, alarme/evento e interface gráfica.

Faceplates e gráficos HMI: elementos visuais interativos usados em telas operacionais.

Alarmes e Eventos: parâmetros configuráveis para geração e categorização de alarmes.

Parâmetros e Setpoints: atributos ajustáveis pelo operador ou pela engenharia.

Scripts e Funções auxiliares: trechos de código que suportam funcionalidades específicas.

3.7 Implementação das Mudanças

3.7.1 Gestão de mudança

A norma ISA-101.01 estabelece um ciclo de vida para o desenvolvimento e manutenção de IHMs, que inclui fases de design, implementação, operação e melhoria contínua. Dentro desse ciclo, a gestão de mudanças é essencial para garantir que as alterações sejam realizadas de forma controlada e documentada, minimizando riscos e impactos negativos.

Foi aberta uma gestão de mudança no sistema SAP SMS GM visando a execução de tarefas multidisciplinares, envolvendo de forma integrada as áreas de Saúde, Gestão e Automação, com o objetivo de coordenar e implementar de maneira segura e eficiente as modificações planejadas, garantindo que todas as ações sejam avaliadas quanto ao conforto, segurança, desempenho operacional e conformidade técnica, promovendo a participação ativa de cada área na validação, execução e acompanhamento das alterações.

O setor de Saúde ficou responsável principalmente pelos testes de acessibilidade e pelo acompanhamento da implantação; a Gestão da Operação assumiu a tarefa de garantir a implantação das modificações e fornecer os suportes necessários ao operador; e o setor de Automação ficou encarregado da consulta ao fabricante, da realização de testes funcionais das soluções propostas e da implantação das soluções selecionadas, testadas e aprovadas pelo usuário.

3.7.2 Implantação das soluções

3.7.2.1 Ajuste das cores na Lista de Alarmes

A cor do texto de anúncio dos alarmes de prioridade 1 manteve-se em vermelho, mas a cor do plano de fundo foi alterada de preto para branco, garantindo maior contraste e legibilidade do texto de descrição do alarme.

Essa modificação foi realizada diretamente na aplicação *Engineering Workplace* do sistema 800xA da ABB (v. 6.1-0), acessando as listas de alarmes, que estão armazenadas na estrutura de biblioteca, *Library Structure*, e editando o aspecto *Alarm And Event List Configuration*, que fica na aba *Color*, na seção *Common Alarm Color Definition*. Na aba *Priority Colors*, é possível redefinir cores de texto e fundo dos alarmes, seguindo a prioridade cadastrada. Essa alteração foi realizada sem a necessidade de modificar o conteúdo da biblioteca original.

Segundo a documentação ABB, alterações na configuração de cores por prioridade podem ser realizadas diretamente via *Engineering Workplace*, permitindo ajustes de visibilidade e discernibilidade dos alarmes sem impactar a integridade da biblioteca base (ABB, 800xA System Documentation, Alarm and Event Handling).

Figura 6. Lista de alarmes (Ajustada)

	Pri	Event Time	Object Name	Object Description
1	1	05/09/24 10:02:34:111	VP_PDAH-007	DIFERENCA ENTRE PT-007A/PT-007B
2	3	05/09/24 10:02:33:783	VR_LALL-033	NIVEL M BAIXO SELO B-210102A
3	4	05/09/24 10:02:32:580	VP_PDAH-007	DIFERENCA ENTRE PT-007A/PT-007B
4	1	05/09/24 10:02:32:142	VP_PDAH-007	DIFERENCA ENTRE PT-007A/PT-007B
5	6	05/09/24 10:02:31:705	VR_LI-033	VASO SELAGEM DA B-210102A
6	8	05/09/24 10:02:30:274	VR_LI-033	VASO SELAGEM DA B-210102A
7	1	05/09/24 10:02:30:274	VR_LALL-033	NIVEL M BAIXO SELO B-210102A
8	3	05/09/24 10:02:24:265	VR_LALL-033	NIVEL M BAIXO SELO B-210102A
9	4	05/09/24 10:02:24:156	VP_PDAH-007	DIFERENCA ENTRE PT-007A/PT-007B
10	6	05/09/24 10:02:22:292	VR_LI-033	VASO SELAGEM DA B-210102A
11	8	05/09/24 10:02:20:770	VR_LI-033	VASO SELAGEM DA B-210102A
12	6	05/09/24 10:02:18:802	VR_LI-033	VASO SELAGEM DA B-210102A
13	1	05/09/24 10:02:17:283	VR_LALL-033	NIVEL M BAIXO SELO B-210102A
14	8	05/09/24 10:02:17:283	VR_LI-033	VASO SELAGEM DA B-210102A
15	1	05/09/24 10:02:14:665	VP_PDAH-007	DIFERENCA ENTRE PT-007A/PT-007B
16	4	05/09/24 10:02:11:599	VP_PDAH-007	DIFERENCA ENTRE PT-007A/PT-007B
17	3	05/09/24 10:02:10:717	VR_LALL-033	NIVEL M BAIXO SELO B-210102A
18	6	05/09/24 10:02:08:773	VR_LI-033	VASO SELAGEM DA B-210102A
19	8	05/09/24 10:02:07:358	VR_LI-033	VASO SELAGEM DA B-210102A
20	6	05/09/24 10:02:05:714	VR_LI-033	VASO SELAGEM DA B-210102A

Fonte: ABB System 800xA – Versão 6.1.0

Todas as listas de alarmes do SDCD foram ajustadas, respeitando a prioridade preestabelecida e status atual — como **ativo**, **inativo**, **não reconhecido**, **oculto** ou **silenciado**. Essa abordagem está alinhada com as diretrizes estabelecidas na norma **ISA-101 – Human-Machine Interface for Process Automation Systems**, que recomenda o uso de cores padronizadas e de alto contraste para facilitar a interpretação rápida e precisa de alarmes e eventos por parte dos operadores.

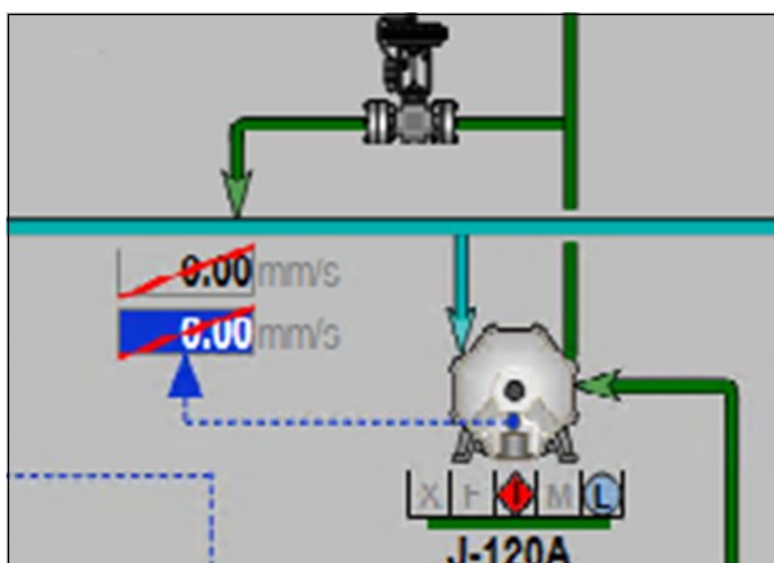
A norma ISA-101 enfatiza a importância da consistência visual e da legibilidade como fatores críticos na eficácia da interface homem-máquina (IHM), especialmente no que diz respeito à gestão de alarmes. A substituição do fundo preto por branco, mantendo o texto em vermelho,

visa atender à recomendação da norma quanto à adequação de contraste entre texto e plano de fundo para garantir visibilidade em diferentes condições de iluminação e para diversos perfis de operadores.

3.7.2.2 Ajuste na Indicação da Última Bomba Que Operou (Last one)

Para resolver o problema identificado de baixa visibilidade do indicador, foi realizado um ajuste na tonalidade da cor da linha, alterando-a de verde claro para verde mais escuro, além do aumento na espessura do traço gráfico, com o objetivo de melhorar sua distinção visual nos painéis operacionais. A cor de fundo foi mantida, uma vez que a análise indicou que as modificações no traço eram suficientes para garantir contraste adequado entre os elementos.

Figura 7. Última bomba que operou – “Last One” (Ajustada)



Fonte: ABB System 800xA – Versão 6.1.0

Essa alteração foi implementada diretamente na biblioteca Brasil Oil & Gas 6.1.0 do SDCD ABB, possibilitando sua aplicação de forma padronizada e replicável, sem necessidade de investimento adicional em outras refinarias do sistema Petrobras, bastando apenas a atualização da versão da biblioteca. A lógica segue os mesmos princípios da programação orientada a objetos (POO): um objeto mestre na biblioteca, cujas instâncias utilizadas nas telas operacionais herdam suas propriedades. Dessa forma, sempre que se faz necessária uma modificação — como ajuste de cor, símbolo ou parâmetro de alarme — a alteração é realizada uma única vez na biblioteca, sendo automaticamente refletida em todas as instâncias. Esse mecanismo assegura padronização, consistência visual, redução de retrabalho e maior eficiência na manutenção das interfaces homem-máquina (IHM).

O Engenheiro de Projetos da ABB responsável pelo desenvolvimento da biblioteca **Brasil Oil & Gas** foi designado para implementar a modificação necessária, criando uma nova cor de

exibição para o traço do *Last One*, selecionada por apresentar maior contraste em relação ao fundo e, assim, adequar esse aspecto visual. A cor anteriormente utilizada permaneceu disponível na biblioteca, porém a nova passou a ser definida como padrão. A biblioteca modificada gerou uma nova versão, que foi enviada à ABB para se tornar oficial e, a partir de então, replicável em outras unidades, novos projetos ou upgrades de versão de sistemas.

Essa adaptação está em conformidade com as diretrizes da ISA-101, que recomendam o uso de elementos gráficos com alto grau de discernibilidade, especialmente em situações nas quais o operador precisa interpretar rapidamente os estados do processo. Do ponto de vista das boas práticas em projeto de IHM, a representação gráfica da função *Last One* deve priorizar visibilidade, contraste, padronização e clareza, assegurando a rápida percepção da informação. Essa abordagem é essencial para reduzir ambiguidades, facilitar a tomada de decisão e garantir que a indicação seja facilmente compreendida por todos os operadores, inclusive aqueles com limitações visuais.

3.8 Pós Mudanças

As modificações foram implantadas no sistema e devidamente validadas pelos usuários finais. Embora o foco principal tenha sido a adequação para pessoas com discromatopsia, as mudanças não impactaram negativamente outros operadores, garantindo percepção universal das informações críticas.

Tal abordagem busca evitar o risco comum de projetos de acessibilidade: resolver o problema de um grupo específico de usuários, mas gerar novos problemas para outros. Na prática industrial, essa preocupação é particularmente relevante, já que os sistemas de controle de processo são operados por equipes diversas, com diferentes capacidades visuais, níveis de experiência e sob condições ambientais variáveis, como iluminação reduzida em salas de controle ou alta carga cognitiva em situações de emergência.

As soluções adotadas foram aplicadas de maneira uniforme, sem diferenciação de privilégios ou níveis de acesso, garantindo que todos os operadores pudessem interagir com os mesmos recursos. Ainda assim, a arquitetura implementada permite flexibilidade: como as configurações estão disponíveis na biblioteca do fabricante, é possível ativar ou desativar determinadas opções de apresentação visual conforme a necessidade operacional, bastando selecionar o perfil desejado.

4 CONCLUSÃO

A adequação das interfaces homem-máquina (IHMs) para operadores com discromatopsia representa um avanço significativo em direção à construção de ambientes industriais mais inclusivos, seguros e eficientes. As modificações realizadas no Sistema Digital de Controle

Distribuído (SDCD) ABB, envolvendo ajustes de contraste na lista de alarmes e na indicação gráfica da "última bomba que operou", demonstraram que é possível implementar soluções acessíveis com baixo custo, elevada eficácia e aderência às normas técnicas ISA-101, NR-17 e ABNT NBR ISO 9241.

Essas intervenções não apenas melhoraram a visibilidade e a interpretação de informações críticas por parte do operador com deficiência visual, como também reforçaram os princípios de ergonomia, padronização e usabilidade recomendados para sistemas de automação industrial. A experiência positiva obtida com a aplicação prática dessa solução reforça a importância de se considerar, desde as fases iniciais dos projetos, as diversas necessidades dos usuários, promovendo igualdade de acesso à informação e contribuindo para a cultura de equidade, diversidade e inclusão nas operações.

A replicabilidade da solução por meio da estrutura de bibliotecas do sistema ABB 800xA evidencia o potencial de disseminação das boas práticas entre diferentes unidades industriais, fortalecendo o compromisso com a acessibilidade como valor estratégico e não apenas normativo. Dessa forma, este trabalho contribui para uma visão mais ampla e humana da engenharia de automação, onde o cuidado com as pessoas e a valorização da diversidade se tornam parte integrante da excelência operacional.

REFERÊNCIAS

ABB. Documentação técnica do SDCD ABB – Biblioteca Brasil Oil & Gas 6.1.0. [S.l.]: ABB, 2023.

ABB. System 800xA Operations – Operator Workplace Configuration. Document Number 3BSE030322. Zürich: ABB, 2011. Disponível em: https://library.e.abb.com/public/d024aacf218c421ba78e03d1bc9421a6/3BSE030322-600_C_en_System_800xA_Operations_6.0_Operator_Workplace_Configuration.pdf. Acesso em: 30 set. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 9241: Ergonomia da interação humano-sistema. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

BASTOS, Dorinho; FARINA, Modesto; PEREZ, Clotilde. Psicodinâmica das cores em comunicação. São Paulo: Edgar Blucher, 2011.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Previdência. NR-17: Ergonomia. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br>. Acesso em: 10 jun. 2025.

CASARIN, Franciele Cristina Fanhani. O daltonismo: um exemplo de herança ligada ao cromossomo X. 2015.

INTERNATIONAL SOCIETY OF AUTOMATION. ISA-101: Human machine interfaces for process automation systems. Research Triangle Park: ISA, 2015.

NATIONAL EYE INSTITUTE. Types of color vision deficiency. Bethesda, MD: NEI, 2023. Disponível em: <https://www.nei.nih.gov/learn-about-eye-health/eye-conditions-and-diseases/color-blindness/types-color-vision-deficiency>. Acesso em: 10 jun. 2025.

OLIVEIRA, L. M.; SILVA, R. S.; CARVALHO, A. P. Percepção de cores e acessibilidade visual em interfaces industriais. Revista Brasileira de Engenharia, 2019.

OSCAR WYLEE. A comprehensive guide to different types of colour blindness. Disponível em: <https://oscarwylee.ca/glasses/eye/color-blindness-types>. Acesso em: 24 set. 2025.

PMC. Dyschromatopsia: a comprehensive analysis of mechanisms and classifications. [S.l.]: PubMed Central, 2023. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10828017/>. Acesso em: 10 jun. 2025.

ROYAL SOCIETY. John Dalton FRS: inspired by his own unusual perception of colour, he conducted the first ever research into colour blindness. [S.l.]: Royal Society, [s.d.]. Disponível em: <https://royalsociety.org/about-us/who-we-are/diversity-inclusion/case-studies/scientists-with-disabilities/john-dalton/>. Acesso em: 10 jun. 2025.

W3C. Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.1. World Wide Web Consortium, 2018. Disponível em: <https://www.w3.org/TR/WCAG21/#contrast-minimum>.

W3C. Understanding WCAG 2.1 – Contrast (Minimum) and Contrast (Enhanced). 2018. Disponível em: <https://www.w3.org/WAI/WCAG21/Understanding/contrast-minimum.html>.