



**WPLEX**

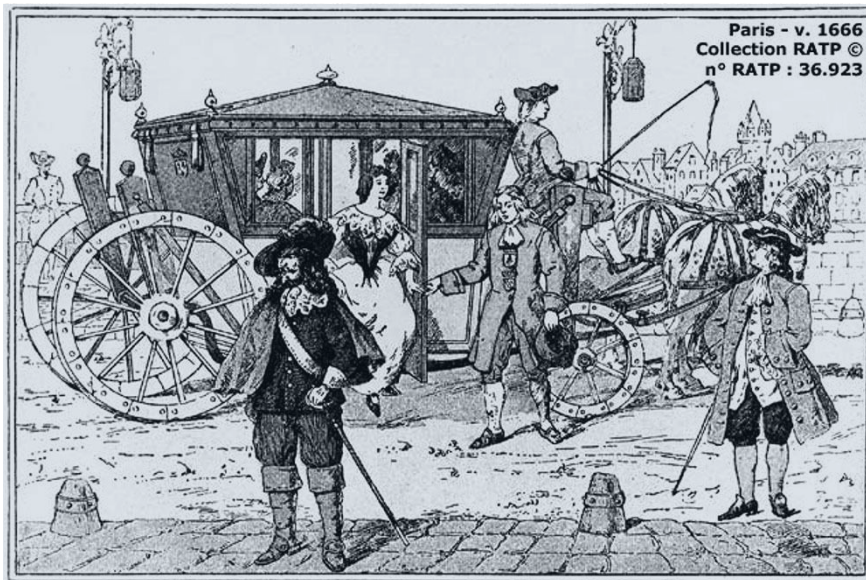
EFICIÊNCIA QUE  
MOVE PESSOAS

**Realimentação  
da  
Programação  
Horária:  
Transformando  
Dados em Ação**



**Realimentação  
da  
Programação  
Horária:  
Transformando  
Dados em Ação**





## Automação - presente e futuro

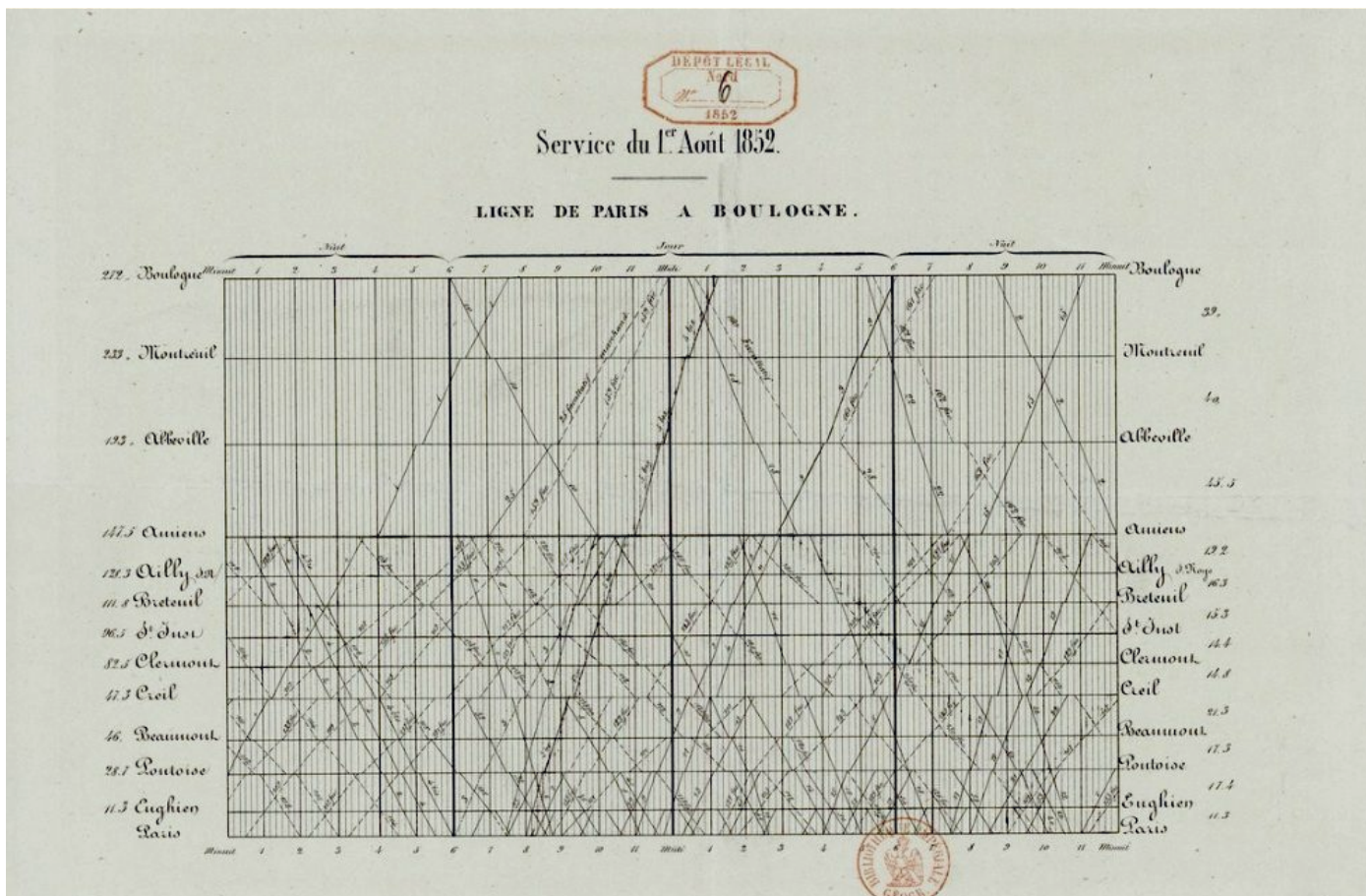
Vivemos em um mundo onde a tecnologia não apenas acompanha, mas direciona a evolução da sociedade. A automação de sistemas é uma áreas das que mais avanços tem feito e isso nos leva a refletir: como podemos aplicar esses princípios ao planejamento operacional do transporte público para torná-lo mais eficiente e inteligente?

O primeiro sistema de transporte público surgiu em Paris, em 1666, e foi considerado uma grande inovação na época. Seu criador foi o matemático e físico, Blaise Pascal. O sistema tinha três linhas e era operado por carruagens a cavalo.

O segundo sistema surgiu no Rio de Janeiro, em 1817. Também era operado por carruagens e foi criado por decreto de Dom João VI.

Em 1846, a invenção do gráfico de circulação de trens por Charles Ybry revolucionou a operação ferroviária. Despachante de uma linha de trem em Paris, Ybry desenvolveu a técnica para programar os horários de trens e evitar colisões em seções de via única.

Esse gráfico foi utilizado na RATP (Régie Autonome des Transports Parisiens) até pelo menos 1980, inclusive para ônibus, e acabou sendo o ponto de partida para a criação pelo eng<sup>o</sup>. Wan Yu Chih, naquele ano, de um método inovador de programação de linhas na CMTC (Companhia Municipal de Transportes Coletivos) de São Paulo.



## **Evolução da tecnologia nos sistemas de transporte urbano no Brasil**

No Brasil, nas últimas décadas, testemunhamos a chegada de tecnologias como o BRT, a cobrança eletrônica, o monitoramento de frotas e câmeras embarcadas.

## **Automação de sistemas na atualidade**

Os sistemas altamente automatizados estão avançando rapidamente em diversas áreas, impulsionados por inovações tecnológicas. Na indústria, destacam-se os robôs industriais, a realidade virtual e a realidade aumentada, que revolucionam processos produtivos.

No transporte, vemos aeronaves e automóveis com piloto automático, metrô e táxis autônomos, além de foguetes que espantosamente retornam à base de lançamento na posição vertical, redefinindo os limites da engenharia e da logística.

Já na área digital, a automação avança em ritmo acelerado, em diversos setores, como bancos, comércio, medicina e companhias aéreas, além da recente chegada dos agentes de IA. A tecnologia não apenas aumenta a eficiência, mas também transforma o modo como interagimos com o mundo.



## O que é automação, afinal?

A palavra "automação" vem de "autômato", do grego "automaton", que significa agir por vontade própria. Assim, autômato é um mecanismo que opera de maneira automática e, automação é a técnica de fazer algo funcionar automaticamente.

Alguns conceitos são essenciais para entender a automação de sistemas:

**Realimentação:** também conhecida como "feedback", é o mecanismo que permite o aprendizado e ajuste do sistema.

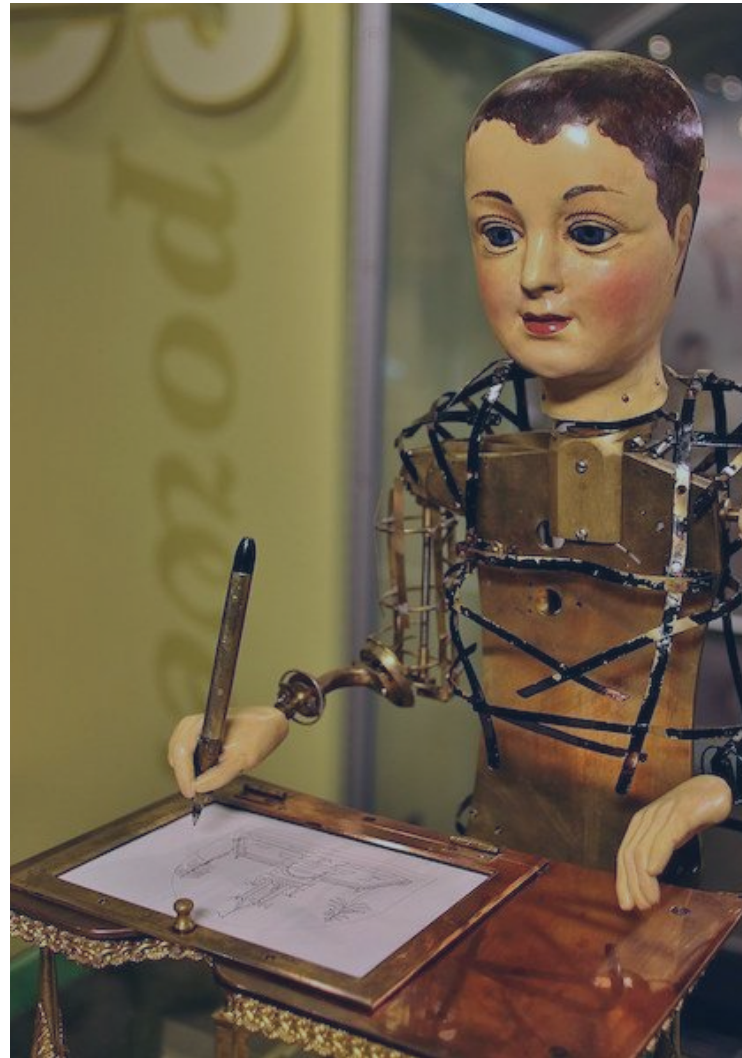
**Sensores:** dispositivos que captam informações sobre o meio ambiente.

**Controle:** compara a condição atual com a pretendida.

**Previsão:** presente nos sistemas mais complexos, pode ser estática ou dinâmica (em tempo real).

**Reprogramação:** estática ou dinâmica, ajusta a ação a ser tomada com base nas informações do controle e da previsão.

**Atuador:** executa ou manda executar o que foi programado.



## Automação de sistemas: ar condicionado

Um exemplo simples é o aparelho de ar condicionado. O sensor mede continuamente a temperatura ambiente. O controlador compara essa temperatura com a programada. Se a temperatura estiver acima da desejada, o sistema aciona a refrigeração.

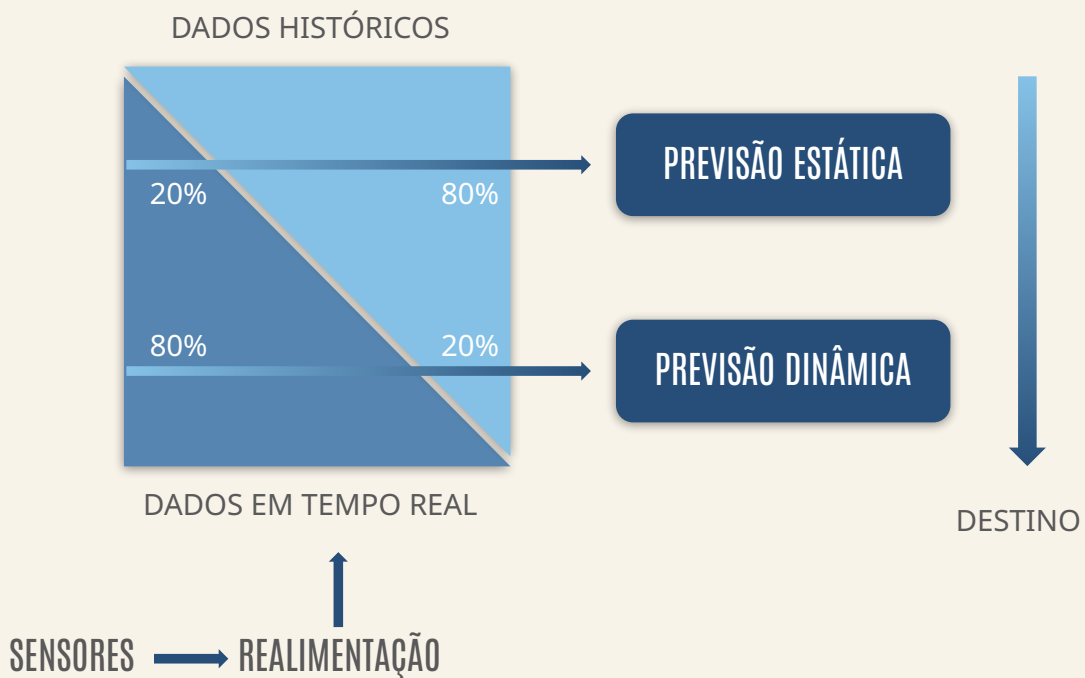




## Automação de sistemas: navegador Waze

O navegador de automóveis Waze recalcula rotas e tempos de viagem em tempo real, reprogramando dinamicamente o melhor trajeto para economizar o tempo do motorista. À medida que o veículo avança, a previsão dinâmica é refeita, usando os dados dos demais veículos que estão na rota.

Cabe observar que todo sistema automatizado tem controle em tempo real, mas nem todo sistema usa previsão ou reprogramação, como é o caso do ar condicionado. Quando usa reprogramação, nem sempre ela é dinâmica como é o caso das reprogramações periódicas (mesmo que automáticas) ou baseadas em eventos pré-estabelecidos.



## Automação de sistemas: táxi autônomo Waymo

Desenvolvido pela Alphabet (Google), é classificado como Nível 4 de automação pela SAE e, portanto, opera sem motorista humano em áreas geograficamente delimitadas e previamente mapeadas, com supervisão remota para garantir segurança e confiabilidade.

Atualmente, ele realiza corridas de táxi em cidades como Phoenix (Arizona), San Francisco e Los Angeles (Califórnia), e Austin (Texas), com uma frota total de 700 veículos.

Para levar o passageiro ao destino com segurança, o Waymo utiliza uma combinação de tecnologias, como

câmeras, radar e sensores LiDAR, que mapeiam o ambiente em 360 graus. A inteligência artificial processa esses dados em tempo real, identificando pedestres, veículos, sinais de trânsito e obstáculos. Algoritmos de pesquisa operacional calculam a rota ideal, enquanto o sistema automatizado controla direção, aceleração e frenagem.

Estima-se que um veículo completo custe US\$ 150 mil, sendo US\$ 80 mil destinados aos equipamentos eletrônicos. Com base no salário médio anual de US\$ 40 mil para um motorista em Los Angeles, o investimento nos equipamentos se paga em 2 anos. Considerando-se os demais custos operacionais e externos, o retorno total do investimento é avaliado em 4 anos.

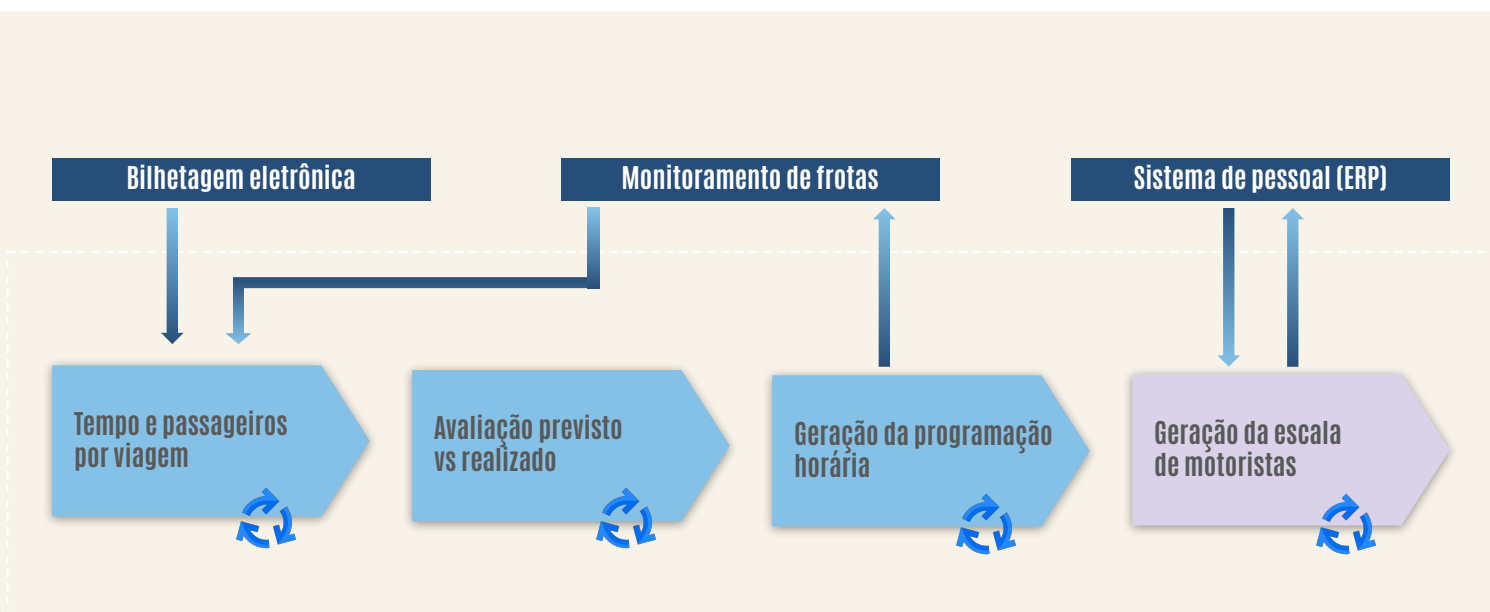


## Aplicação do conceito de automação na programação de ônibus

O processo atual de realimentação de dados para a reprogramação de linhas de ônibus envolve cinco etapas principais: a coleta de dados, avaliação, previsão, programação horária e escala de motoristas.

No sistema da WPLEX, essas etapas são desempenhadas pelas soluções WPLEX-ON (otimização da programação horária) e WPLEX-EP (otimização da escala de motoristas), ambas altamente automatizadas. No entanto, ainda há um grande potencial de automação nos processos adjacentes a essas soluções – ou seja, no que antecede e no que sucede essas etapas.

- **Planejamento:** elaboração da programação horária e da escala de motoristas.
- **Operação:** execução do transporte.
- **Coleta de dados:** obtenção dos dados das viagens realizadas no passado recente.
- **Avaliação:** comparação do previsto com o realizado e perspectiva futura desses valores.
- **Previsão:** elaboração da estimativa de tempos de viagem e demanda para o próximo período.



Processo automatizado



## Processo de realimentação da programação de ônibus no futuro próximo

Em um cenário hipotético, a reprogramação dinâmica permitiria ajustes automáticos contínuos e em tempo real dos horários e escalas de motoristas, com base em dados coletados por sensores que monitoram variáveis como o fluxo de passageiros, condições de tráfego e até fatores climáticos.

No entanto, isso representa um enorme desafio. Por um lado, os usuários dependem de horários ou frequências preestabelecidas para planejar seus deslocamentos. Por outro, os motoristas precisam conhecer suas escalas com antecedência para organizar suas rotinas.

A solução, portanto, está em evoluir, cada vez mais, para um modelo em que o sistema de transporte seja reprogramado em ciclos mais curtos do que os tradicionalmente adotados pela maioria das empresas. Além disso, a reprogramação também poderia ser acionada com base em eventos específicos como, por exemplo, uma determinada diferença entre os tempos de viagem programados e os realizados. Essa abordagem garantiria maior eficiência operacional, alinhando a oferta de transporte às necessidades reais dos passageiros.

Com um maior automatismo, a previsão dos tempos de viagem e da demanda poderá ser feita por dia tipo da semana, aumentando a precisão e resultando em programações específicas para cada dia, mantendo, se inclusive, o mesmo quadro horário de partidas.



Existem diversos aspectos que podem evoluir significativamente para acelerar o processo de planejamento:

1

**Coleta de Dados** de tempos de viagem e demanda: pode se tornar cada vez mais automatizada, eliminando gargalos manuais e aumentando a precisão.

2

**Avaliação da operação:** pode ser agilizada por meio do uso de ferramentas de business intelligence (BI) e inteligência artificial (IA), permitindo análises rápidas para a tomada de decisão.

3

**Previsão dos tempos de viagem dos ônibus e da demanda de passageiros:** pode ser feita com base em dados históricos, complementada por previsões de eventos climáticos e festivos que possam afetar o trânsito.

4

O próprio **Planejamento**, envolvendo programação horária e escala de motoristas, pode ser amplamente automatizado, reduzindo o tempo necessário, os custos operacionais e a perda de passageiros devido a atrasos.

## Desafios e soluções

A jornada rumo à automação não está livre de obstáculos. Com base em nossa experiência, a disponibilidade de dados tem sido um dos maiores desafios para as empresas operadoras. A solução passa, inevitavelmente, pela implementação de sistemas de coleta automatizada, como bilhetagem eletrônica e monitoramento de frotas integrados para melhor precisão dos dados de viagem.

Outro problema comum é a integração entre sistemas antigos e novas tecnologias. Para superar essa barreira, é essencial adotar plataformas modernas, projetadas desde o início para facilitar a troca de dados com outros sistemas.

Por fim, a resistência à mudança pode ser mitigada envolvendo as partes afetadas, demonstrando os benefícios da automação e fornecendo treinamento adequado.

É importante reforçar que o objetivo primordial da automação não é substituir pessoas, mas amplificar seu potencial, tornando processos mais eficientes e estratégicos.

1

**Dados completos e confiáveis**

Onde estão os dados que preciso?

2

**Integração entre sistemas**

Por que as soluções não se comunicam?

3

**Resistência à mudança**

Não quero que isso dê certo.



## Caso da central de planejamento do grupo Comporte

### Baixada Santista, SP

O Grupo Comporte é uma referência nacional no setor de transporte de passageiros, com atuação em transporte rodoviário, urbano, metropolitano e fretamento. No transporte ferroviário, o grupo é responsável pela operação do VLT da Baixada Santista e do Metrô de Belo Horizonte e do Trem Intercidades do estado de São Paulo.

Mediante a automatização dos processos com ferramentas inteligentes de otimização, os softwares da WPLEX têm sido fundamentais para o sucesso do projeto, garantindo um nível de eficiência altíssimo para as operações do Grupo.

Os principais recursos implementados na Central permitem gerar programações eficientes de operação, considerando-se variações da demanda de passageiros e do tempo de viagem, e gerar escalas otimizadas de motoristas nos seus diversos horizontes de tempo, do mensal ao diário, fazendo ajustes em função da mudança das programações e da movimentação de pessoal.

As soluções de planejamento operacional permitiram vislumbrar diferentes cenários com rapidez e eficiência, sempre buscando o melhor resultado no atendimento aos clientes.

### Coleta inteligente de dados

Por meio da integração dos sistemas de bilhetagem eletrônica e monitoramento de frota em tempo real a CPO captura informações cruciais sem interferência humana — garantindo precisão e agilidade. Esses dados, que vão desde o registro da validação de passagens até a localização precisa dos veículos, alimentam ferramentas como os softwares WPLEX ON e EP, aliados a sistemas próprios de análise de Comporte.

### Marcação do ponto dos motoristas

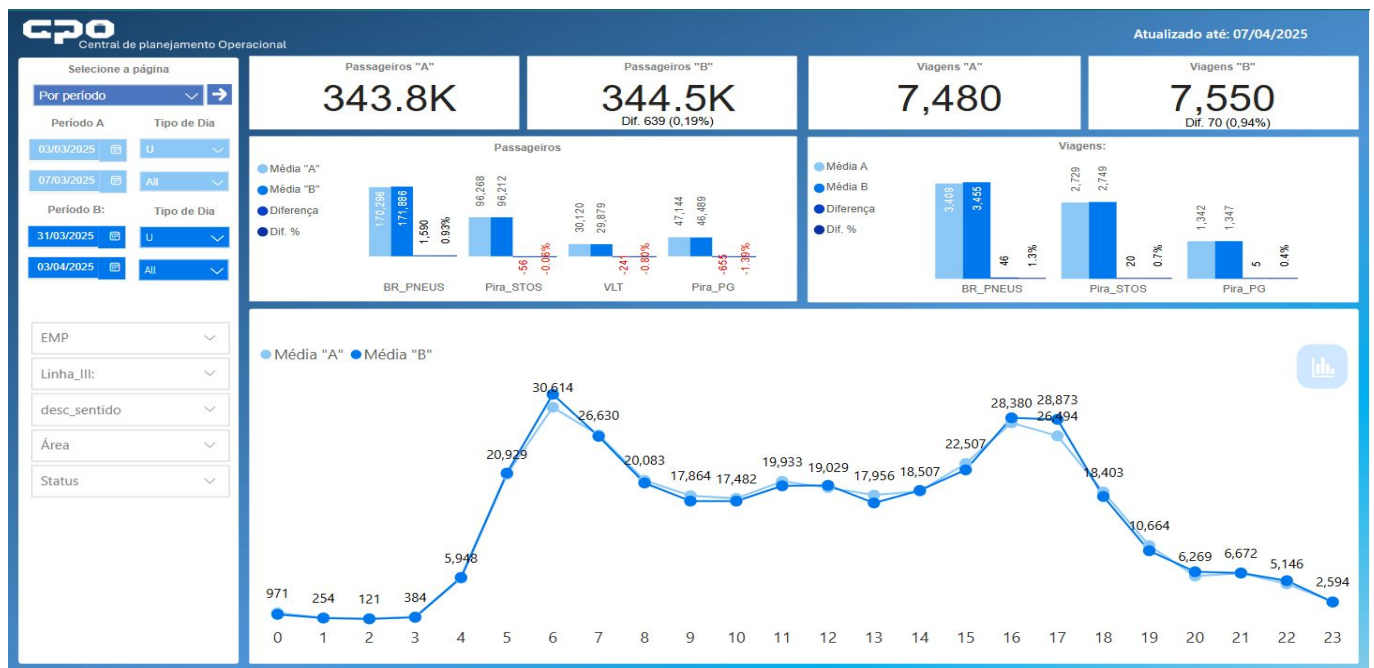
A CPO automatizou a captação da marcação do ponto dos motoristas, evitando a interferência humana. Esses apontamentos podem ser oriundos do validador de bilhetagem, da telemetria, do celular ou do relógio de ponto.

### KPIs personalizados

Números brutos não geram resultados sozinhos. A CPO transforma esse mar de informações em insights estratégicos por meio de KPIs personalizados. Diariamente, comparam-se os resultados operacionais com o planejado, identificando desvios como atrasos de viagem ou gargalos em rotas. Os indicadores são exibidos em telas de televisão visíveis para todos, e as linhas de ônibus são automaticamente selecionadas para reprogramação.

### Otimização da rede de transporte

Cruzando dados do embarque de passageiros pelo validador eletrônico, com as informações do GPS, a equipe mapeia padrões de origem e destino e avalia a eficiência de pontos de parada, permitindo redesenhar itinerários para maior eficiência.



## Programação horária e escala de motoristas

Antes, um processo manual que levava dias, a programação horária e as escalas de motoristas, hoje, são geradas em poucas horas — com precisão matemática. As ferramentas da WPLEX consideram variações da demanda, dos tempos de viagem e até imprevistos operacionais, ajustando as escalas dinamicamente. O resultado foi menos erros, menor custo e motoristas com rotinas mais previsíveis.

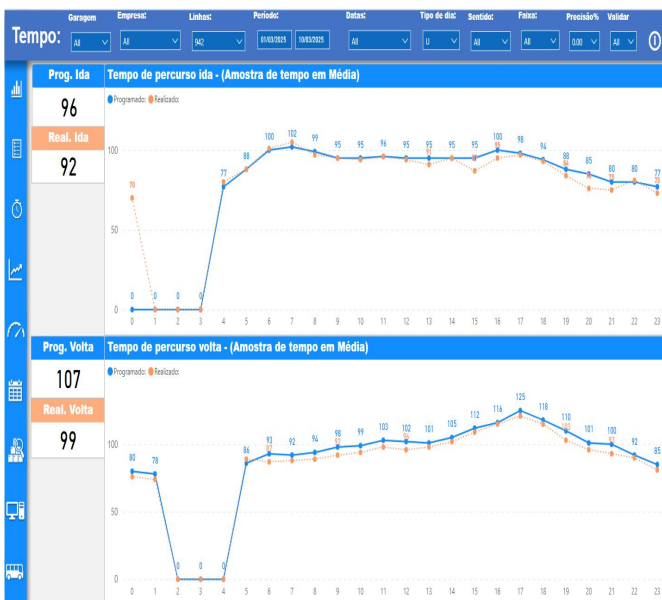
## Consumo de combustível

Ao analisar o desempenho de consumo dos veículos em relação à capacidade de passageiros, a CPO identifica oportunidades para reduzir custos de combustível.

## Resultados que falam por si

Os resultados comprovam a transformação com o sistema implantado na Central:

- Redução de custos operacionais em todas as frentes, desde a rotação até a mão de obra.
- Agilidade sem precedentes: intervenções em programações que antes levavam dias agora são feitas em horas.
- Qualidade elevada: menos falhas no planejamento e passageiros atendidos com pontualidade e confiabilidade.



## Mudança de postura

Antes, o foco dos técnicos era o de entregar as reprogramações e escalas a tempo no final do mês. Com a automatização do processo, eles passaram a ser analistas de dados e o seu empenho está centrado em buscar o melhor resultado possível para as empresas do grupo.

## Hub de inovação

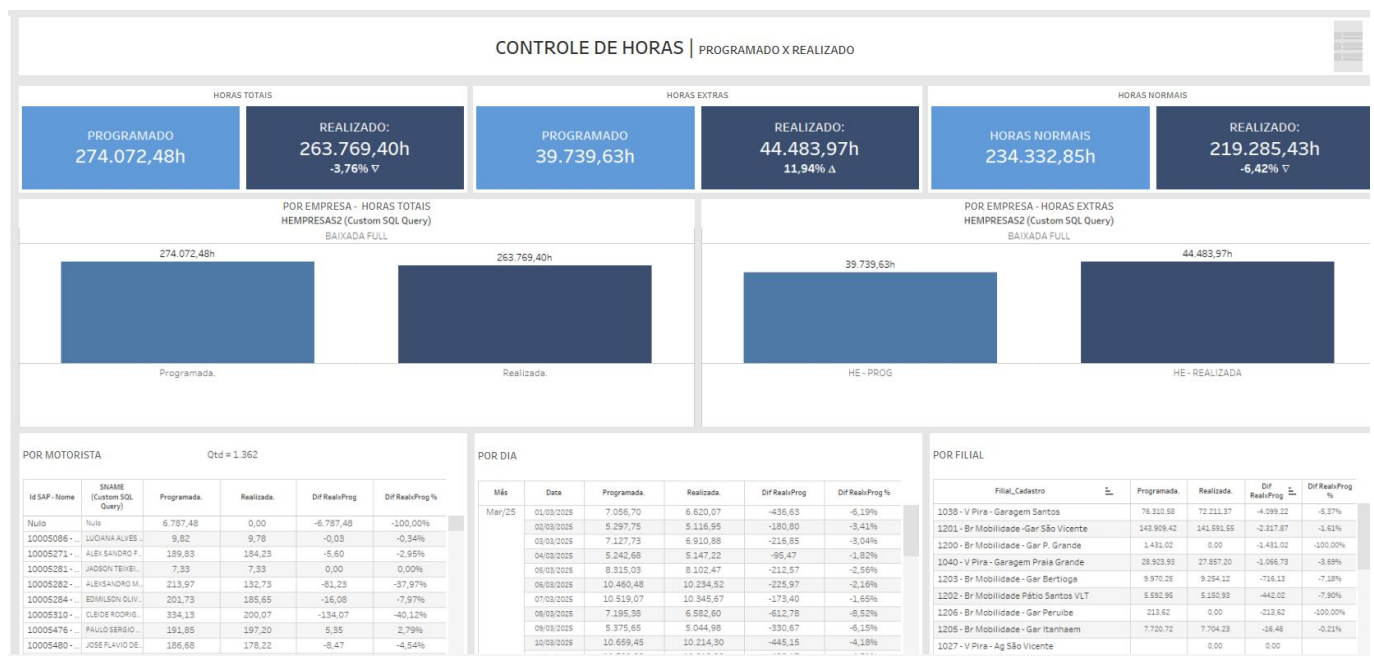
A CPO não é apenas um centro de planejamento, mas também um hub de inovação. Diversas soluções inovadoras foram desenvolvidas pelo time, como o simulador de movimento da frota. A partir das viagens programadas, o simulador exibe no mapa os veículos em trânsito, permitindo visualizar, por exemplo, a sincronia entre eles em trechos comuns das linhas, ou identificar conflitos de horários em trechos do VLT (veículo leve sobre trilhos).

## Dados não são só Números, são Oportunidades

A experiência da Central de Planejamento Operacional do Grupo Comporte prova que, no transporte público, automação e análise de dados não são luxos, mas necessidades. Ao transformar informações em ações, as empresas podem reduzir custos, melhorar serviços e, acima de tudo, garantir que cada passageiro chegue ao seu destino com eficiência e segurança.

## Abrangência

A iniciativa já atende a 14 empresas em quatro estados, com 1.600 ônibus e 3.000 motoristas. E o horizonte se expande: as soluções da WPLEX estão sendo implementadas nas novas operações ferroviárias do Grupo Comporte, levando automação ao sistema metroferroviário.



## O Futuro é agora

O transporte urbano do futuro já está entre nós: cidades inteligentes, frotas elétricas, inteligência artificial. A automação de sistemas é a base dessa transformação, conectando tecnologia, processos e pessoas. A realimentação dinâmica da programação horária é o caminho para um futuro mais eficiente e responsivo.

A questão não é quando adotar essas inovações, mas como. Lembre-se: dados não são apenas números – são ações esperando para acontecer. Conte com a WPLEX para transformar o futuro da sua empresa.



### **WPLEX Software**

*A WPLEX é uma empresa catarinense líder em soluções inovadoras para a otimização da operação de sistemas de transporte público. Nossas tecnologias abrangem desde a otimização de horários e escalas até o monitoramento de frotas e informação ao passageiro, garantindo uma operação precisa e eficaz.*

*Temos orgulho de ajudar a movimentar milhões de pessoas diariamente em diversos estados do Brasil, evidenciando nosso compromisso com a eficiência que move pessoas.*



WPLEX Software  
wplex.com.br | contato@wplex.com.br

