



# Controle Mestre e Seguidor de Inversores de Frequência

## Master-Follower Control of Frequency Inverters

**Caique Trindade Gomes**

*Graduando do Curso de Engenharia Elétrica da Universidade de Araraquara- UNIARA. Araraquara-SP.*

**Ronaldo Gomes Figueira**

*Orientador. Docente Curso de Engenharia Elétrica da Universidade de Araraquara- UNIARA. Araraquara-SP.*

**Fabiana Florian**

*Coorientador. Docente Curso de Engenharia Elétrica da Universidade de Araraquara- UNIARA. Araraquara-SP.*

**Resumo:** Este trabalho apresenta o estudo e a aplicação do controle mestre-seguidor em inversores de frequência, voltado ao compartilhamento de carga entre motores de indução trifásicos. O objetivo do estudo foi implementar e analisar a configuração mestre-seguidor utilizando inversores PowerFlex 753, comunicando-se via Ethernet/IP e configurados pelo software Connected Components Workbench (CCW). Para validação, foram utilizados dois motores de 2 HP, acoplados mecanicamente, com parametrização diferenciada para o inversor mestre (controle de velocidade) e para o seguidor (controle de torque). Foram realizadas análises comparativas de desempenho, destacando-se ajustes em alguns parâmetros, que permitiram reduzir oscilações de velocidade e equilibrar o tempo de resposta entre os inversores. Os resultados demonstraram que, após os ajustes, ocorreu um sincronismo mais eficiente entre os motores, com compartilhamento equilibrado da carga e redução de esforços mecânicos. Conclui-se que a aplicação do controle mestre-seguidor foi eficaz demonstrando sincronismo, podendo ser utilizado para aplicações industriais com propósito de aumentar a vida útil dos equipamentos e garantir maior estabilidade operacional.

**Palavras-chave:** automação industrial; inversores de frequência; controle mestre-seguidor; compartilhamento de carga; Ethernet/IP.

**Abstract:** This work presents the study and application of master-follower control in frequency inverters, aimed at load sharing between three-phase induction motors. The objective was to implement and analyze the master-follower configuration using PowerFlex 753 inverters, communicating via Ethernet/IP and configured through the Connected Components Workbench (CCW) software. For validation, two 2 HP motors mechanically coupled were employed, with differentiated parameter settings: the master inverter operating in speed control and the follower in torque control. Comparative performance analyses were conducted, highlighting parameter adjustments that reduced speed oscillations and balanced the response time between inverters. The results demonstrated that, after adjustments, more efficient synchronization between the motors was achieved, with balanced load sharing and reduced mechanical stress. It is concluded that the application of the master-follower control was effective in demonstrating synchronization and can be employed in industrial applications to extend equipment lifespan and ensure greater operational stability.

**Keywords:** industrial automation; frequency inverters; master-follower control; load sharing; Ethernet/IP.

## INTRODUÇÃO

A automação industrial tem evoluído constantemente, permitindo o controle mais preciso de motores elétricos em diversas aplicações na indústria. Em muitos processos industriais, é comum a necessidade de utilizar mais de um motor operando em conjunto na mesma carga.

Lyer (2006) destaca que, em sistemas como moinhos, correias transportadoras, mesas de rolos e guindastes, um único motor não consegue suportar toda a carga mecânica por conta da falta de espaço para motores grandes, levando ao uso de motores menores acoplados ou simplesmente pela própria exigência da aplicação, que demanda um acionamento sincronizado. Por isso, é essencial garantir que os motores trabalhem em equilíbrio, compartilhando o esforço de forma adequada para que o processo funcione corretamente e sem desgastes excessivos, é fundamental manter a velocidade e o torque alinhados conforme a necessidade da operação. Esse sincronismo não só melhora o desempenho dos equipamentos, mas também aumenta sua vida útil e evita sobrecargas de cargas.

Segundo Siemens (2020), esse compartilhamento pode ser realizado sempre que dois motores estiverem mecanicamente acoplados, seja por meio de acoplamentos rígidos ou flexíveis. Em um sistema com acoplamento rígido, os motores compartilham a carga uniformemente, pois não há folga ou elasticidade no sistema de transmissão de torque. Já em acoplamentos flexíveis, pode haver pequenas variações na distribuição da carga, tornando o controle do torque entre os inversores ainda mais crítico. No manual da Rockwell Automation (2000), o compartilhamento de carga ocorre quando inversores de frequência, configurados como mestre e seguidor, se comunicam para manter torque e velocidade constantes em dois motores acoplados. Essa configuração é utilizada em aplicações industriais que exigem sincronismo entre motores, como esteiras transportadoras, moendas de usinas sucroalcooleiras e sistemas de bombeamento de alta potência.

Neste contexto, este trabalho tem como objetivo estudar a aplicação da configuração mestre-seguidor em inversores de frequência, para o compartilhamento de carga (Load Sharing) entre inversores de frequência é um recurso essencial para garantir a operação eficiente de motores acoplados, evitando sobrecargas e garantindo um funcionamento sincronizado.

De acordo com o manual técnico *Load sharing applications for AC drives* (Rockwell Automation, 2000), a implementação de um sistema mestre-seguidor para inversores de frequência permite que um dos acionamentos seja responsável por definir os parâmetros de operação, enquanto o outro acionamento segue essas referências, ajustando-se de forma dinâmica para manter a uniformidade da carga. Esse método reduz o desgaste dos componentes mecânicos, melhora a eficiência energética e evita oscilações indesejadas no sistema.

Foi realizada uma pesquisa bibliográfica com foco em manuais técnicos sobre inversores de frequência e sistemas mestre-seguidor. Foram observadas aplicações com o compartilhamento de cargas utilizando dois motores elétricos

sendo controlados por inversores da Rockwell Automation em rede de comunicação Ethernet, utilizando o software Connected Components Workbench (CCW). Buscou-se compreender as aplicações práticas do compartilhamento de carga no setor industrial, a fim de otimizar processos e tornar o compartilhamento de carga eficiente e sem desgastes mecânicos.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

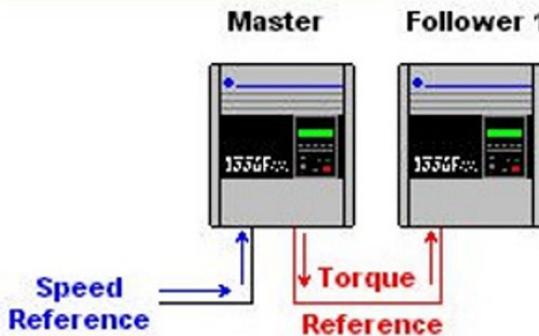
Foi realizada uma pesquisa bibliográfica sobre os componentes e utilização do controle mestre-seguidor para compartilhamento de carga.

### Compartilhamento de Carga com a Programação Mestre-Seguidor

O compartilhamento de carga (*load sharing*) é uma funcionalidade onde múltiplos conjuntos de motor e inversor atuam simultaneamente sobre uma mesma carga mecânica. Nesse tipo de aplicação, cada motor deve fornecer uma parcela proporcional de potência a carga. O seu controle é feito por um método conhecido como Mestre-seguidor, onde o mestre opera em modo de velocidade e o seguidor em modo de torque, o sinal de torque gerado pelo mestre é enviado para o seguidor, podendo ser ajustado conforme a capacidade do motor, permitindo que unidades diferentes compartilhem a carga proporcionalmente. Se houver diferença, o sistema ajusta automaticamente a velocidade dos seguidores para equilibrar a carga entre os motores, conforme ilustrado na figura 1.

Essas estratégias garantem que os motores trabalhem de forma coordenada, evitando sobrecargas e melhorando o desempenho do sistema (Rockwell Automation, 2000).

**Figura 1 – Exemplo de sistema mestre-seguidor com referência de velocidade e torque.**



Fonte: Rockwell Automation, 2000.

## Motores de Indução Trifásicos

Os motores de indução trifásicos são amplamente utilizados na indústria devido à sua robustez, baixo custo e facilidade de manutenção. Segundo Fitzgerald Kingsley (2006), esse tipo de motor opera com corrente alternada trifásica e possui construção simples, geralmente com rotor em gaiola de esquilo, onde os enrolamentos são barras de alumínio fundidas nas ranhuras do rotor.

**Figura 2 – Motor de indução trifásico com rotor gaiola de esquilo.**



**Fonte: Fitzgerald et al. 2006, p. 199.**

No manual WEG (2016) a velocidade de um motor de indução trifásico, é obtida de acordo com a relação da frequência de alimentação, números de polos do motor e o escorregamento deste motor. Conforme a equação 1:

$$N = \frac{120 \times F1 \times (1-s)}{P}$$

Onde:

N: velocidade de rotação mecânica (rpm);

F1: frequência fundamental da tensão de alimentação (Hz);

P: número de polos;

S: escorregamento.

Segundo Fitzgerald Kingsley (2006) o escorregamento é a diferença entre a velocidade síncrona e a velocidade do rotor. Se tornando necessário identificar o escorregamento do motor, para que seu funcionamento seja adequado a aplicação, garantido desta forma o torque necessário para movimentação de cargas. Motores com menor escorregamento tendem a ser mais eficientes e utilizados em aplicações que exigem maior precisão na velocidade.

## Inversores de Frequência

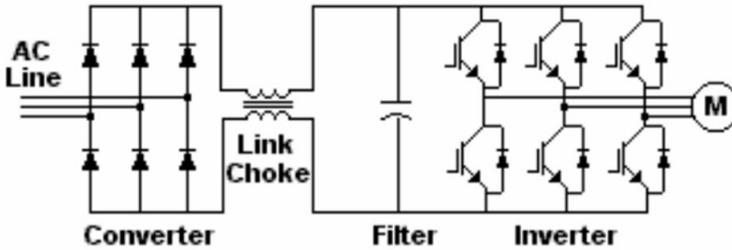
Os inversores de frequência surgiram como solução para controlar a velocidade e o torque dos motores de indução. Eles convertem a energia da rede elétrica (CA) em corrente contínua (CC) e, posteriormente, novamente em corrente alternada com frequência e tensão variáveis (Bose, 2002).

Lima e Sousa (2022), os inversores se consolidaram como uma alternativa eficiente para o controle de motores elétricos, em diversos setores, especialmente na indústria, é comum a necessidade de controle de frequência de motores elétricos, independentemente das variações na carga acoplada.

Lima e Sousa (2022), os inversores operam inicialmente, convertendo a tensão alternada (CA) proveniente da rede elétrica em tensão contínua (CC). Em seguida essa tensão contínua é novamente transformada em alterada, por meio de sinais modulados em largura de pulso (PWM), tornando possível o controle de velocidade de um motor.

O tipo mais comum de inversor no mercado é o inversor de frequência modulado por largura de pulsos (PWM). A estrutura de potência pode ser dividida por três seções distintas, conforme a figura 3 (Rockwell Automation, 2004, p. 27).

**Figura 3 – Diagrama estrutural de um inversor de frequência.**

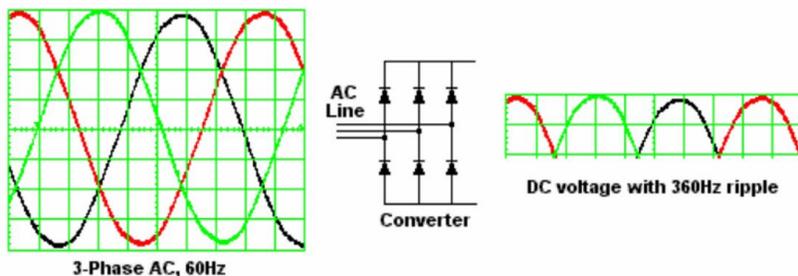


**Fonte: Rockwell Automation, 2004, p. 27.**

A figura 3 representa uma estrutura típica de um acionamento CA baseado em modulação por largura de pulso (PWM) com fonte de tensão. À esquerda, temos o sinal da rede elétrica trifásica de 60 Hz, composto por três ondas senoidais defasadas entre si. No centro da imagem, observa-se o circuito retificador, geralmente composto por uma ponte trifásica de diodos de onda completa, que tem como função converter essa corrente alternada (CA) em corrente contínua (CC). Em algumas aplicações, esses diodos podem ser substituídos por tiristores (SCRs), o que permite maior controle sobre a comutação.

O resultado dessa retificação pode ser visto à direita, onde é exibida uma tensão contínua com ondulações (ripple) de 360 Hz no barramento CC — resultado da frequência combinada das três fases após a retificação. Essa tensão CC com ripple é a base para a próxima etapa do inversor, que é responsável por gerar a tensão CA modulada para controle do motor (Rockwell Automation, 2004, p. 27).

**Figura 4 – Conversão de energia em um inversor de frequência (etapa de retificação).**



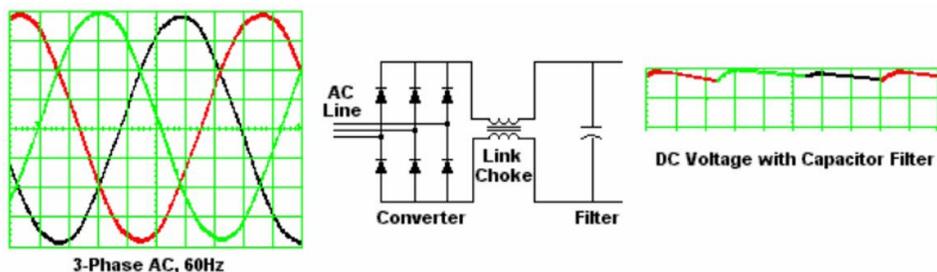
Fonte: Rockwell Automation, 2004, p. 27.

Embora a etapa de retificação forneça uma tensão contínua, ela ainda apresenta ondulações significativas (figura 4). Para que o inversor IGBT funcione de forma adequada, é necessário que essa tensão seja mais estável e suave. Por isso, adiciona-se um estágio de filtragem logo após o conversor.

Esse estágio é composto, principalmente, por um banco de capacitores, que armazena carga elétrica e suaviza a tensão pulsante de 360 Hz proveniente da retificação. Em muitos casos, também se inclui um indutor, conhecido como link choke, posicionado entre o retificador e os capacitores. Esse componente tem como função adicional proteger o banco de capacitores contra picos da rede de alimentação, reduzir os harmônicos gerados e melhorar o fator de potência do sistema.

O resultado pode ser observado à direita da Figura 5: a tensão contínua, com ondulações muito menores está pronta para alimentar a próxima etapa do inversor com maior qualidade e eficiência (Rockwell Automation, 2004, p. 27).

**Figura 5 – Filtro de tensão CC com indutor e banco de capacitores.**



Fonte: Rockwell Automation, 2004, p. 28.

A última etapa de um acionamento CA é chamada de inversor. Essa parte do sistema é responsável por reconverter a energia elétrica, que está em corrente contínua (CC), em corrente alternada (CA), só que agora com características controladas como frequência e tensão, permitindo o ajuste da velocidade do motor elétrico.

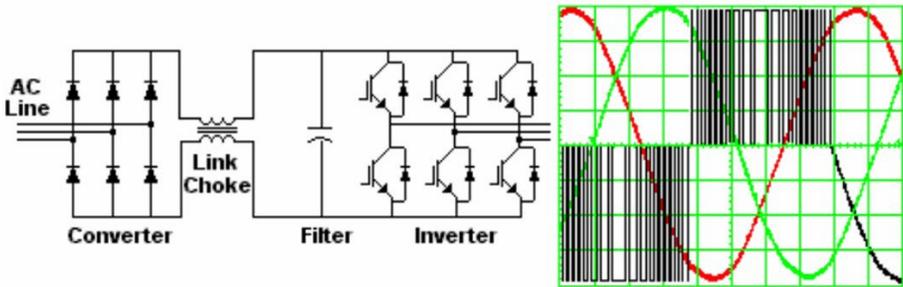
Para isso, o inversor utiliza componentes eletrônicos de chaveamento rápido, como os IGBTs (Transistores Bipolares de Porta Isolada). Eles funcionam como “interruptores” que ligam e desligam muito rapidamente, criando uma sequência de pulsos elétricos. Esse processo é conhecido como modulação por largura de pulso (PWM).

Na figura 6, os pulsos são organizados ao longo do tempo. A largura dos pulsos muda para simular o formato de uma onda senoidal, que é o tipo de sinal que os motores trifásicos precisam para funcionar corretamente. Como os motores possuem características indutivas, esses pulsos não são percebidos diretamente

O campo magnético do motor “filtra” os pulsos, transformando-os em corrente alternada com forma quase senoidal.

Além disso, ao controlar tanto a frequência quanto a tensão dos pulsos, é possível manter a chamada relação V/f (tensão por frequência), essencial para garantir que o motor mantenha um torque adequado mesmo em velocidades mais baixas, sem sobrecarregar o sistema (Rockwell Automation, 2004, p. 28).

**Figura 6 – Etapa final de um acionamento CA: Inversor com modulação por largura de pulso.**



Fonte: Rockwell Automation, 2004, p. 28.

## Comunicação Industrial e Protocolo Ethernet/IP

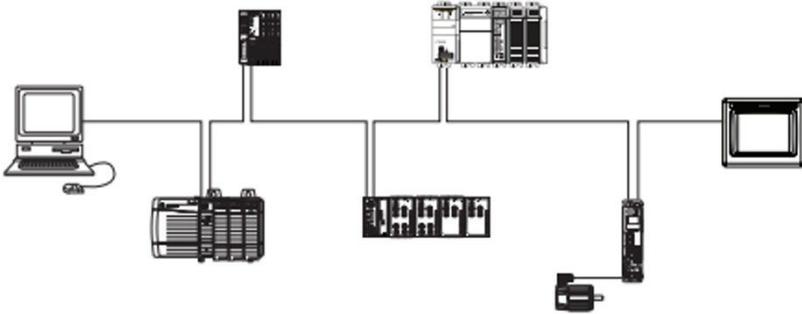
A comunicação entre os inversores, no controle mestre-seguidor, pode ocorrer via sinais analógicos, digitais ou redes industriais. Com o avanço da automação, tornou-se comum o uso de redes como o Ethernet/IP, protocolo amplamente utilizado em ambientes industriais pela sua alta velocidade e confiabilidade. Segundo Rockwell Automation (2020), essa rede é uma plataforma multidisciplinar de controle e informações para ambientes industriais. O EtherNet/IP usa tecnologias Ethernet e TCP/IP padrão e um protocolo aberto de camada de aplicação chamado Common Industrial Protocol (CIP).

CIP (Common Industrial Protocol) é utilizado em redes industriais como a EtherNet/IP para permitir a troca de dados entre dispositivos. Ele funciona com base no modelo Produtor/Consumidor, que oferece comunicação mais eficiente do que os modelos tradicionais de origem/destino.

Essa arquitetura utiliza módulos de entrada que enviam automaticamente seus dados ao controlador quando ocorre uma mudança de estado ou em intervalos

definidos (RPI), eliminando a necessidade de consulta constante pelo controlador. Dessa forma, o módulo de entrada atua como produtor de dados, e o controlador como consumidor. Essa estrutura também permite que controladores troquem dados entre si, tanto pela rede quanto pelo backplane do sistema. Desta forma é possível colocar diversos dispositivos em série facilitando a comunicação entre os dispositivos sem necessidade de um switch adicional (figura 7).

**Figura 7 – Exemplo de comunicação Ethernet/IP com vários dispositivos.**



Fonte: Rockwell Automation, 2022.

## CCW (Connected Components Workbench)

O *Connected Components Workbench* (CCW) é uma plataforma de software desenvolvida pela Rockwell Automation para programação, configuração e comissionamento de controladores programáveis, inversores de frequência, interfaces homem-máquina (IHMs) e outros dispositivos de automação industrial. Ele integra diversas ferramentas em uma única interface, permitindo desde o controle lógico até a parametrização e monitoramento em tempo real de dispositivos como os inversores PowerFlex.

Segundo a Rockwell Automation (2022), o CCW permite configurar inversores de frequência das famílias PowerFlex, proporcionando acesso aos parâmetros operacionais, diagnóstico de falhas, visualização gráfica de sinais e execução de testes de autotuning e monitoramento de torque e velocidade. O software possui uma interface amigável, baseada em menus intuitivos e assistentes de configuração que facilitam o processo de comissionamento.

O CCW também oferece recursos de upload/download de parâmetros, criação de perfis de dispositivo e salvamento de configurações para replicação em múltiplos inversores, o que contribui significativamente para a padronização e manutenção de sistemas industriais.

## DESENVOLVIMENTO

Foram utilizados dois motores do fabricante Eberle; motores de 2 HP e 1740 RPM, fechamento de tensão em 380V e corrente nominal de 3,79 A. Acoplados mecanicamente para simular o compartilhamento de carga (figura 8).

Esse acoplamento exige que a configuração do sistema seja feita corretamente, caso contrário, um motor poderá interferir negativamente no funcionamento do outro, impedindo o giro do eixo e podendo causar danos à parte mecânica.

**Figura 8 – Motores Acoplados.**



Fonte: arquivo Pessoal, 2025.

Também foram utilizados dois inversores de frequência do modelo PowerFlex 753, com alimentação de 380V e potência de 10 HP do fabricante Allen Bradley (figura 9).

**Figura 9 – Inversores de Frequência Powerflex 753.**

Fonte: arquivo Pessoal, 2025.

No sistema, o inversor mestre opera com o controle vetorial com regulação de velocidade, enquanto o inversor seguidor utiliza a regulação de torque, seguindo a referência gerada pelo mestre.

A comunicação entre os inversores é feita via sinal analógico de + 10V e – 10V, transmitindo via saída analógica do mestre para a entrada analógica do seguidor. Desta forma ambos os motores trabalham em sincronismo de torque e velocidade.

Para fazer a parametrização dos inversores Powerflex 753 foi utilizado o software CCW (Connected Components Workbench), utilizando o protocolo de comunicação Ethernet/IP. O CCW é uma ferramenta gratuita fornecida pela Rockwell, voltada para a configuração e comissionamento de dispositivos industriais como inversores, controladores lógicos, soft starters, relés de proteção e IHMs da marca.

No software existe um recurso chamado de assistente para configuração dos inversores, o assistente separa os principais parâmetros dos inversores de forma simples e intuitiva (figura 10).

**Figura 10 – Assistente Software CCW (Connected Components Workbench).**

Fonte: arquivo Pessoal, 2025.

O uso do assistente do software Connected Components Workbench (CCW) torna o processo muito mais simples e intuitivo. Uma das funções mais úteis é o teste de direção de rotação, que permite verificar se os motores estão girando no sentido correto. Essa etapa é importante, principalmente em sistemas com motores acoplados, já que qualquer inversão pode causar travamentos ou até danos mecânicos.

Outra funcionalidade importante do assistente é o autoajuste (autotuning), que serve para o inversor identificar as características elétricas do motor de forma automática. Com esse recurso, o sistema consegue medir parâmetros como resistência, indutância e corrente de magnetização, garantindo que o controle de torque e velocidade seja mais preciso. Esse processo ajuda a otimizar o desempenho do motor e dá mais segurança ao funcionamento do conjunto.

No software foram alterados os parâmetros (figura 11):

**Figura 11 – Lista de Parâmetros alterados nos inversores.**

Parâmetro	Inversor Mestre	Inversor Seguidor
Modo de controle	Vetorial de fluxo (Flux Vector Control)	Vetorial de fluxo
Modo de operação	Regulação de velocidade	Regulação de torque
Referência de torque	Envia por saída analógica ( $\pm 10$ V)	Recebe na entrada analógica 0 ( $\pm 10$ V)
Autotuning	Com rotação, com eixo conectado	Com rotação ou estático, com eixo conectado
Sintonia de inércia	Executada com carga, valor dividido por 2	Executada com carga total
Limites de torque	+150% / -150%	+155% / -155%
Modo de parada	Rampa com regulagem de barramento	Rampa independente para falhas do mestre
Curva S de aceleração	Ativada (1-2%)	Ativada (1-2%)
Fonte de referência de velocidade	Definida internamente	Ignorada (não usada)
Modo de direção de rotação	Bipolar, ajustado conforme instalação	Bipolar, igual ao mestre
Ação em perda de sinal analógico	—	Rampa ou parada em “coast”
Saída analógica configurada	P690 (Referência de torque limitada)	—
Entrada digital de comando	Start/Stop via I/O	Start/Stop via I/O

Fonte: arquivo Pessoal, 2025.

Para iniciar de forma correta a sequência de partida do sistema mestre-seguidor, o primeiro inversor a ser energizado deve ser o inversor seguidor. Isso ocorre porque, em sua configuração, o drive seguidor não possui uma referência de velocidade direta. Ao ser iniciado, o motor correspondente é energizado e permanece magnetizado, porém se mantém parado, aguardando a referência de torque enviada pelo mestre.

Em seguida, realiza-se o start no inversor mestre, que passa a operar em modo de controle de velocidade. Assim que o mestre começa a gerar a referência de torque, esse valor é transmitido via sinal analógico ao inversor seguidor. O seguidor, por sua vez, interpreta esse sinal como comando de torque e passa a atuar, acompanhando a carga movimentada pelo mestre.

Com isso, os dois motores operam em sincronismo de velocidade e torque, compartilhando a carga de forma equilibrada. Desta forma se evita sobrecargas em um único motor e garante maior eficiência e vida útil ao sistema mecânico.

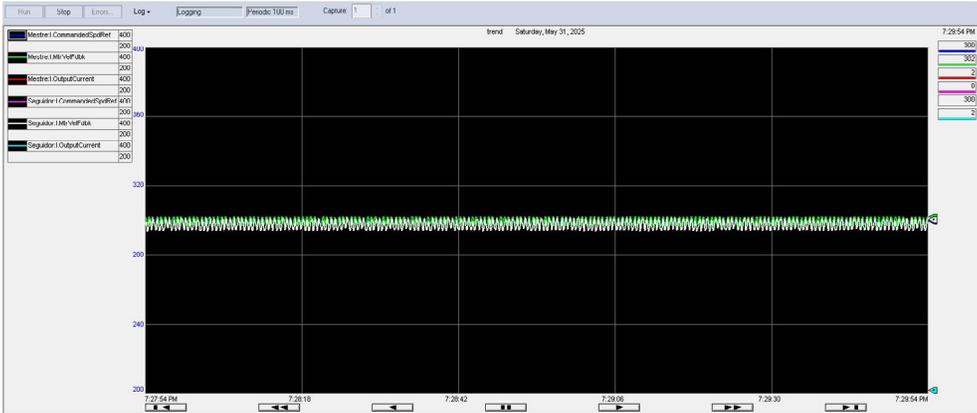
## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo foi desenvolvido com o objetivo de amostragem do sistema de compartilhamento de cargas, trazendo desafios como os sincronismos dos dois motores, de forma que se um motor tivesse uma resposta mais rápida que o outro, teríamos um desbalanceamento, aumento da corrente em um dos motores.

A figura 12, mostra a primeira partida com os motores trabalhando em sincronismo. Esses dados são retirados do software do CCW em um recurso que se chama trends, onde são demonstrados as saídas dos inversores, como estamos trabalhando em um sistema de malha aberta, se há uma diferença da velocidade comandada, o inversor mestre tem uma velocidade comandada de 300 RPM e a velocidade real do motor que seria 302 RPM, já o inversor seguidor tem uma velocidade de 300RPM, trazendo uma diferença de 2 RPM por motor.

Há uma grande oscilação entre os dois motores, onde futuramente traria um desgaste mecânico, com isso seria necessário retardar o tempo de resposta do inversor mestre e aumentar o tempo no seguidor, fazendo desta forma que os dois inversores trabalhassem em conjunto mantendo o gráfico dos dois inversores mais próximos possível.

**Figura 12 – Visualização da oscilação de velocidade.**



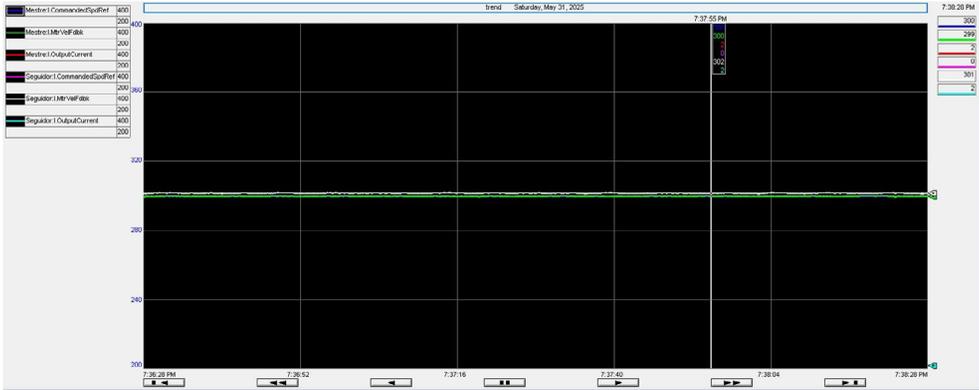
Fonte: arquivo Pessoal, 2025.

Para alinhar o funcionamento dos motores, foi necessário realizar o ajuste do parâmetro 636 dos inversores. Esse parâmetro tem como função controlar a resposta dinâmica do inversor em relação ao sinal de referência recebido, permitindo aumentar ou diminuir a velocidade com que o inversor reage aos comandos.

No processo de ajuste, a resposta do inversor seguidor foi aumentada para o valor 9, enquanto a resposta do mestre foi reduzida para 5. Essa configuração foi fundamental para equilibrar o tempo de resposta de ambos, permitindo que os dois motores operassem de forma sincronizada, com respostas semelhantes às variações de carga e velocidade.

Como resultado, os motores passaram a compartilhar a carga de maneira mais eficiente e uniforme, eliminando esforços mecânicos desnecessários e prevenindo desgastes prematuros. Esse comportamento ajustado pode ser observado na Figura 13, onde o gráfico apresenta linhas sem oscilações, demonstrando uma resposta mais próxima entre os dois inversores, evidenciando a eficácia da correção aplicada.

Figura 13 – Visualização das velocidades alinhadas e sem oscilações.



Fonte: arquivo Pessoal, 2025.

Como resultado, os motores passaram a compartilhar a carga de maneira uniforme e eficiente, eliminando esforços mecânicos desnecessários. Na figura 13, observa-se que ambos os motores estão operando com uma corrente de 2 A, e que a resposta entre os inversores está significativamente mais precisa, sem as ondulações visíveis anteriormente na figura 12.

Conclui-se que este trabalho teve seu objetivo alcançado, a aplicação foi realizada de maneira correta, com os devidos cuidados de parametrização e ajustes técnicos, atendendo plenamente às exigências do sistema de compartilhamento de carga, sem provocar desequilíbrios ou sobrecarga em nenhum dos motores.

## REFERÊNCIAS

FITZGERALD, A. E.; KINGSLEY, C.; UMANS, S. D. **Máquinas elétricas**. 6. ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2006.

LIMA, L. F.; SOUSA, P. C. **A utilização de inversores de frequência como alternativa para controle de motores elétricos em substituição aos métodos convencionais**. Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação, [S. l.], v. 8, n. 6, p. 900-912, 2022.

LYER, Jaishankar. **Load sharing applications for AC drives**. 2006. Tese (Bachelor of Engineering) – University of Mumbai, Mumbai, 2006.

BOSE, Bimal K. **Modern Power Electronics and AC Drives**. Prentice Hall PTR, 2002.

ROCKWELL AUTOMATION. Drive AT001 – **Fundamentals of AC Drive Operation**. Publication 1300-DEH-10. Apr. 2004. Disponível em: [https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/at/drive-at001\\_-en-p.pdf](https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/at/drive-at001_-en-p.pdf). Acesso em: 06 abr. 2025.

ROCKWELL AUTOMATION. **EtherNet/IP communication module user manual**. Publication ENET-UM006-EN-P. 2022. Disponível em: [https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/enet-um006\\_-en-p.pdf](https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/enet-um006_-en-p.pdf). Acesso em: 7 abr. 2025.

ROCKWELL AUTOMATION. **Load sharing applications for AC drives**. Publication DRIVES-WP001A-EN-P. June 2000. Disponível em: [https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/wp/drives-wp001\\_-en-p.pdf](https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/wp/drives-wp001_-en-p.pdf). Acesso em: 31 mar. 2025.

ROCKWELL AUTOMATION. **Manual do inversor PowerFlex 750: configuração e operação**. Milwaukee: Rockwell Automation, 2017. Disponível em: <https://www.rockwellautomation.com>. Acesso em: 05 abr. 2025.

ROCKWELL AUTOMATION. **Manual de Programação – Inversores PowerFlex Série 750**. Milwaukee: Rockwell Automation, 2017. Disponível em: [https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/pm/750-pm001\\_-pt-p.pdf](https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/pm/750-pm001_-pt-p.pdf). Acesso em: 17 mai. 2025.

ROCKWELL AUTOMATION. **Connected Components Workbench Quick Reference Guide**. Publication 9328-QR001\_-EN-E, 2022. Disponível em: <https://literature.rockwellautomation.com>. Acesso em: 28 mai. 2025.

SIEMENS. **Manual técnico de acionamentos elétricos. Siemens Brasil, 2020**. Disponível em: <https://new.siemens.com/br/pt.html>. Acesso em: 05 abr. 2025.

SIEMENS. **SINAMICS G: Load sharing for two coupled drives**. Siemens Brasil, 2020. Disponível em: <https://support.industry.siemens.com/cs/document/109774232/sinamics-g-load-sharing-for-two-coupled-drives?dti=0&lc=en-VE>. Acesso em: 31 mar. 2025.

WEG. **Manual técnico: motores de indução trifásicos**. Jaraguá do Sul: WEG Motores, 2016.

WEG. **Motores de indução alimentados por inversores de frequência PWM**. Jaraguá do Sul: WEG Equipamentos Elétricos S.A., 2016.