



UNIVERSAL ROBOTS

Manual do PolyScope



Versão 3.13

Tradução das instruções originais (pt)

As informações contidas no presente documento são propriedade da Universal Robots A/S e não devem ser reproduzidas total nem parcialmente sem aprovação prévia por escrito da Universal Robots A/S. As informações contidas no presente documento estão sujeitas a alterações sem aviso prévio e não devem ser consideradas como um compromisso da Universal Robots A/S. Este manual é revisado e revisto periodicamente.

A Universal Robots A/S não assume nenhuma responsabilidade decorrentes de erros ou omissões deste documento.

Copyright © 2009–2020 da Universal Robots A/S

O logotipo da Universal Robots é uma marca registrada da Universal Robots A/S.

Conteúdo

II	Manual do PolyScope	II-1
10	Configuração de Segurança	II-3
10.1	Introdução	II-3
10.2	Alteração da Configuração de Segurança	II-4
10.3	Sincronização de Segurança e Erros	II-5
10.4	Tolerâncias	II-6
10.5	Soma de Verificação de Segurança	II-6
10.6	Modos de Segurança	II-6
10.7	Modo de Condução Livre	II-7
10.7.1	Operação reversa	II-7
10.8	Senha de bloqueio	II-8
10.9	Aplicar	II-8
10.10	Limites Gerais	II-9
10.11	Limites das Articulações	II-11
10.12	Limites	II-12
10.12.1	Selecionar um limite a ser configurado	II-13
10.12.2	Visualização 3D	II-14
10.12.3	Configuração do plano de segurança	II-14
10.12.4	Configuração de Limites da Ferramenta	II-17
10.13	E/S de Segurança	II-19
10.13.1	Sinais de Entrada	II-19
10.13.2	Sinais de Saída	II-21
11	Iniciar programação	II-23
11.1	Introdução	II-23
11.2	Introdução	II-23
11.2.1	Como instalar o braço do robô e a caixa de controle	II-24
11.2.2	Como ligar e desligar a caixa de controle	II-24
11.2.3	Como ligar e desligar o braço do robô	II-24
11.2.4	Início rápido	II-25
11.2.5	O primeiro programa	II-25
11.3	Interface de Programação PolyScope	II-26
11.4	Tela de Boas-vindas	II-28
11.5	Tela de Inicialização	II-29
12	Editores na tela	II-31
12.1	Editor de expressão na tela	II-31
12.2	Tela Editor de Posição	II-31

13 Controle do robô	II-35
13.1 Guia Mover	II-35
13.1.1 Robô	II-35
13.1.2 Função e posição da ferramenta	II-36
13.1.3 Mover Ferramenta	II-36
13.1.4 Mover Articulações	II-36
13.1.5 Condução Livre	II-36
13.2 Guia E/S	II-37
13.3 MODBUS	II-38
13.4 Guia Movimento Automático	II-39
13.5 Instalação → Carregar/Salvar	II-40
13.6 Instalação → Configuração do TCP	II-41
13.6.1 Adição, renomeação, modificação e remoção de TCPs	II-42
13.6.2 TCP Ativo	II-42
13.6.3 TCP padrão	II-42
13.6.4 Ensinando posição do TCP	II-42
13.6.5 Atingindo a orientação do TCP	II-43
13.6.6 Carga útil	II-43
13.6.7 Centro de gravidade	II-43
13.7 Instalação → Montagem	II-44
13.8 Instalação → Configuração de E/S	II-45
13.8.1 Tipo de sinal E/S	II-46
13.8.2 Atribuição de nomes definidos pelo usuário	II-46
13.8.3 Ações E/S e Controle de Guia E/S	II-46
13.9 Instalação → Segurança	II-47
13.10 Variáveis de → Instalação	II-47
13.11 Instalação → Configuração de E/S do cliente MODBUS	II-48
13.12 Funções → da Instalação	II-51
13.12.1 Usando um recurso	II-52
13.12.2 Novo Ponto	II-53
13.12.3 Nova Linha	II-54
13.12.4 Recurso de Plano	II-55
13.12.5 Exemplo: Atualizar manualmente um recurso para ajustar um programa	II-56
13.12.6 Exemplo: Atualizar dinamicamente um recurso de pose	II-56
13.13 Configuração da correia transportadora	II-57
13.14 Transição suave entre os modos de segurança	II-58
13.14.1 Ajustar as configurações de aceleração/desaceleração	II-58
13.15 Instalação → Programa Padrão	II-59
13.16 Guia Log	II-60
13.16.1 Salvando Relatórios de Erros	II-61
13.16.2 Arquivo de Suporte Técnico	II-61
13.17 Tela de Carregamento	II-62
13.18 Guia Executar	II-64

14 Programação	II-65
14.1 Novo Programa	II-65
14.2 Guia Programa	II-66
14.2.1 Árvore de Programas	II-66
14.2.2 Indicação de execução de programa	II-67
14.2.3 Botão Pesquisar	II-67
14.2.4 Botões Desfazer/Refazer	II-67
14.2.5 Pannel do programa	II-68
14.3 Variáveis	II-68
14.4 Comando: Mover	II-69
14.5 Comando: Ponto de Rota Fixo	II-72
14.6 Comando: Ponto de Rota Relativo	II-78
14.7 Comando: Ponto de Rota Variável	II-79
14.8 Comando: Direção	II-79
14.9 Comando: Até	II-80
14.10 Comando: Aguardar	II-82
14.11 Comando: Definir	II-82
14.12 Comando: Pop-up	II-83
14.13 Comando: Parar	II-84
14.14 Comando: Comentário	II-84
14.15 Comando: Pasta	II-85
14.16 Comando: Loop	II-85
14.17 Comando: Se	II-86
14.18 Comando: Subprograma	II-87
14.19 Comando: Atribuição	II-88
14.20 Comando: Script	II-89
14.21 Comando: Evento	II-90
14.22 Comando: Rosquear	II-91
14.23 Comando: Alternar	II-91
14.23.1 Temporizador	II-92
14.24 Comando: Padrão	II-93
14.25 Comando: Força	II-94
14.26 Comando: Paleta	II-98
14.27 Comando: Buscar	II-99
14.28 Comando: Correia transportadora	II-102
14.29 Comando: Suprimir	II-103
14.30 Guia Gráficos	II-103
14.31 Guia Estrutura	II-104
14.32 Guia Variáveis	II-105
14.33 Comando: Inicialização de Variáveis	II-106
15 Tela de configuração	II-107
15.1 Idioma e Unidades	II-108
15.2 Atualizar Robô	II-109
15.3 Definir Senha	II-110
15.4 Calibrar Tela	II-111
15.5 Configurar Rede	II-111



15.6	Definir Hora	II-112
15.7	Configuração de URCaps	II-113

Parte II

Manual do PolyScope

10 Configuração de Segurança

10.1 Introdução

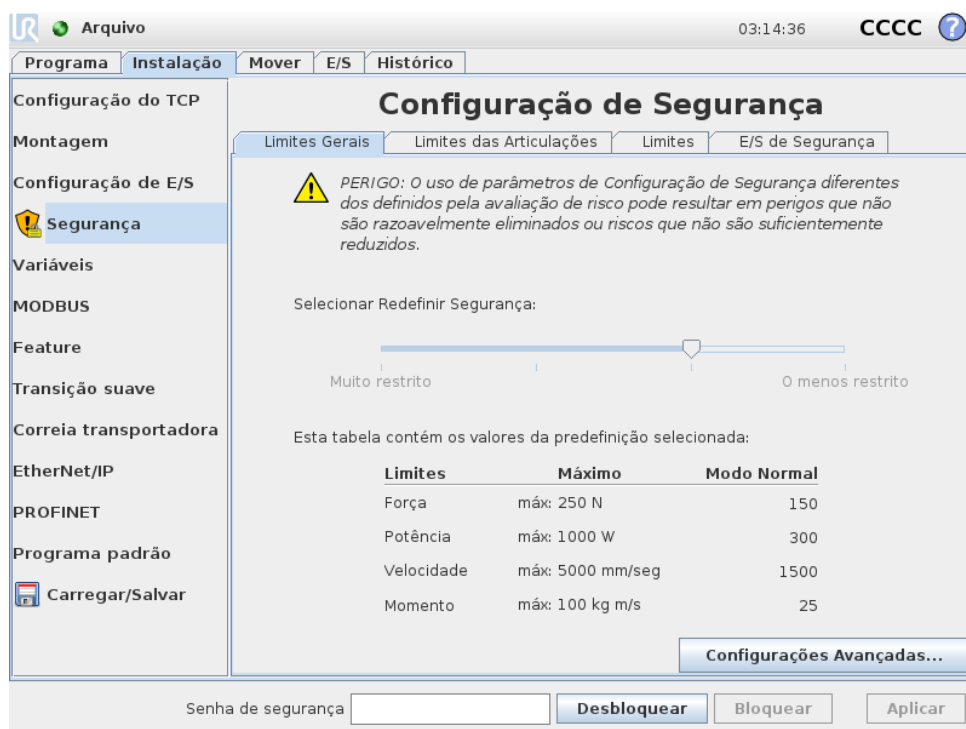
O robô é equipado com um sistema de segurança avançado. Dependendo das características particulares da área de trabalho do robô, as configurações de segurança do sistema devem ser definidas para garantir a segurança de todo o pessoal e dos equipamentos ao redor do robô. Aplicar as configurações definidas pela avaliação de risco é a primeira ação que o integrador deve realizar. Para obter detalhes sobre o sistema de segurança, consulte o Manual de Instalação de Hardware.



PERIGO:

1. O uso e a configuração de interface e funções relacionadas à segurança devem ser efetuados de acordo com a avaliação de risco que o integrador realiza para uma aplicação de robô específica, consulte Manual de Instalação de Hardware.
2. As definições de configuração de segurança para ajuste e ensino devem ser aplicadas de acordo com a avaliação de risco realizada pelo integrador e antes do braço do robô ser ligado pela primeira vez.
3. Todas as definições de configuração de segurança acessíveis nesta tela e suas subguias devem ser definidas de acordo com a avaliação de risco realizada pelo integrador.
4. O integrador deve garantir que todas as alterações nas definições de configuração de segurança sejam feitas em conformidade com a avaliação de risco do próprio integrador.
5. O integrador deve impedir que pessoas não autorizadas alterem a configuração de segurança, por exemplo, usando a proteção por senha.

A tela Configuração de Segurança pode ser acessada a partir da tela de Boas-vindas (consulte 11.4) pressionando o botão **Robô** do Programa, selecionando a guia **Instalação** e tocando em **Segurança**. A configuração de segurança é protegida por senha, consulte 10.8.



As configurações de segurança consistem em uma série de valores-limite usados para restringir os movimentos do braço do robô, além de definições da função de segurança para as entradas e saídas configuráveis. Elas são definidas nas seguintes subguias na tela de segurança:

- A subguia **Limites Gerais** define a máxima *força*, *potência*, *velocidade* e *impulso* do braço do robô. Quando o risco de colisão com um ser humano ou com objetos em seu entorno é particularmente elevado, essas configurações precisam ser definidas com valores baixos. Se o risco é baixo, os limites gerais mais elevados permitem que o robô se mova mais rápido e exerça mais força em seu ambiente. Para obter mais detalhes, consulte 10.10.
- A subguia **Limites das Articulações** faz alusão aos limites de *velocidade* e *posição da articulação*. Os limites de *velocidade da articulação* definem a velocidade angular máxima de cada articulação e serve para limitar a velocidade do braço do robô. Os limites de *posição da articulação* definem a amplitude da posição permitida de cada articulação (no espaço articular). Para obter mais detalhes, consulte 10.11.
- A subguia **Limites** define os planos de segurança (no plano cartesiano) e os limites de orientação da ferramenta do TCP do robô. Os planos de segurança podem ser configurados como limites estritos para a posição do TCP do robô ou acionadores para ativar os limites de segurança de modo *Reduzido* (consulte 10.6)). O limite de orientação da ferramenta determina um limite estrito na orientação do TCP do robô. Para obter mais detalhes, consulte 10.12.
- A subguia **E/S de Segurança** define as funções de segurança das entradas e saídas. (consulte 13.2). Por exemplo, a *Parada de Emergência* pode ser configurada como entrada. Para obter mais detalhes, consulte 10.13.

10.2 Alteração da Configuração de Segurança

As definições de configuração de segurança devem ser alteradas somente em conformidade com a avaliação de risco realizada pelo integrador.

O procedimento recomendado para mudar a configuração de segurança é o seguinte:

1. Certifique-se de que as alterações estejam em conformidade com a avaliação de risco realizada pelo integrador.
2. Ajuste as configurações de segurança para o nível apropriado definido pela avaliação de risco realizada pelo integrador.
3. Verifique se as configurações de segurança estão aplicadas.
4. Coloque o seguinte texto nos manuais dos operadores: “Antes de trabalhar perto do robô, certifique-se de que a configuração de segurança seja conforme o esperado. Isto pode ser verificado, por exemplo, inspecionando a soma de verificação no canto superior direito da PolyScope (consulte 10.5 no Manual do PolyScope).”

10.3 Sincronização de Segurança e Erros

O estado da configuração de segurança aplicada em comparação com qual instalação de robô a GUI foi carregada é representado pelo ícone de escudo ao lado do texto *Segurança* no lado esquerdo da tela. Estes ícones fornecem um indicador rápido para o estado atual. Eles são definidos a seguir:



Configuração Sincronizada: Mostra que a instalação da GUI é idêntica à configuração de segurança atualmente em vigor. Nenhuma alteração foi feita.



Configuração Alterada: Mostra que a instalação da GUI é diferente da configuração de segurança atualmente em vigor.

Ao editar a configuração de segurança, o ícone de escudo irá informá-lo se as configurações atuais foram aplicadas ou não.

Se qualquer um dos campos de texto na guia *Segurança* contiver qualquer entrada inválida, a configuração de segurança estará em um estado de erro. Isto é indicado de várias formas:

1. Um ícone de erro vermelho é exibido ao lado do texto *Segurança* no lado esquerdo da tela.
2. A(s) subguia(s) com erros é(são) marcada(s) com um ícone de erro vermelho no topo.
3. Os campos de texto contendo erros são marcados com um fundo vermelho.

Quando existem erros e tenta-se sair da guia *Instalação*, aparece uma caixa de diálogo com as seguintes opções:

1. Resolver o(s) problema(s) de modo que todos os erros sejam removidos. Isso será visível quando o ícone de erro vermelho não for mais exibido ao lado do texto *Segurança* no lado esquerdo da tela.
2. Reverter para a configuração de segurança aplicada anteriormente. Isso ignorará todas as alterações e permitirá que você continue até o destino desejado.

Se não existirem erros e tenta-se navegar para longe, um diálogo diferente aparece com as seguintes opções:

1. Aplicar as alterações e reiniciar o sistema. Isto aplicará as modificações de configuração de segurança ao sistema e o reiniciará. Nota: Isto não implica que todas as alterações foram salvas; o desligamento do robô neste ponto fará com que todas as alterações à instalação do robô sejam perdidas, incluindo a Configuração de Segurança.

2. Reverter para a configuração de segurança aplicada anteriormente. Isso ignorará todas as alterações e permitirá que você continue até o destino selecionado desejado.

10.4 Tolerâncias

O *Braço do Robô* utiliza tolerâncias incorporadas que previnem violações de segurança. Uma tolerância de segurança é a diferença entre um limite de segurança e um valor operacional máximo. Por exemplo, a tolerância de velocidade geral é de -150mm/s . Isso significa que se o usuário configurar um limite de velocidade de 250mm/s , então a velocidade operacional máxima será de $250 - 150 = 100\text{mm/s}$. A tolerância de segurança previne as violações de segurança, permitindo oscilações no comportamento do programa. Por exemplo, ao manipular uma carga útil, pode haver situações em que o *Braço do Robô* precisa operar brevemente acima da velocidade operacional máxima normal, para seguir uma trajetória programada. Um exemplo dessa situação está representado na figura 10.1.



ALERTA:

Uma avaliação de risco é sempre necessária usando os valores-limite, sem tolerâncias.



ALERTA:

As tolerâncias são específicas para a versão do software. A atualização do software pode alterar as tolerâncias. Consulte as notas de versão para obter as mudanças entre as versões.

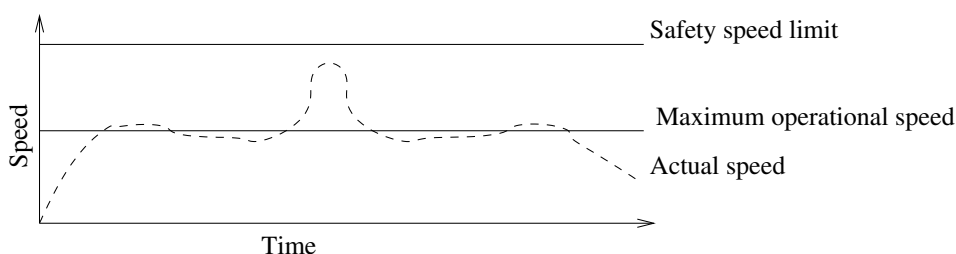


Figura 10.1: Exemplo de tolerância de segurança.

10.5 Soma de Verificação de Segurança

O texto no canto superior direito da tela oferece uma representação abreviada da configuração de segurança atualmente utilizada pelo robô. Quando o texto muda, isso indica que a configuração de segurança atual também foi alterada. Ao clicar sobre a soma de verificação, os detalhes sobre a configuração de segurança ativa atualmente são exibidos.

10.6 Modos de Segurança

Sob condições normais (isto é, quando nenhuma parada de proteção estiver em vigor), o sistema de segurança opera em um dos seguintes *modos de segurança*, com os quais um conjunto de limites de segurança é associado:

Modo normal: O modo de segurança que está ativo por padrão;

Modo Reduzido: É ativado quando o TCP robô está posicionado além de um plano *Acionamento no Modo Reduzido* (consulte 10.12), ou quando acionado por uma entrada configurável (consulte 10.13).

Modo de Recuperação: Quando o braço do robô viola um dos outros modos (ou seja, modo *Normal* ou *Reduzido*) e tiver ocorrido uma Categoria de Parada 0,¹ o braço do robô será iniciado no modo de **Recuperação**. Este modo permite que o robô se movimente lentamente de volta para a área permitida usando a **Guia Move** ou **Condução Livre**. Não é possível executar programas para o robô neste modo.

**ALERTA:**

Note que os limites de *posição de articulação*, *posição TCP* e *orientação TCP* estão desativados no modo de *Recuperação*, por isso tome cuidado ao mover o braço do robô de volta aos limites.

As subguias da tela *Configuração de Segurança* permitem ao usuário definir conjuntos separados de limites de segurança para o modo *Normal* e *Reduzido*. Para a ferramenta e articulações, os limites do modo *Reduzido* com relação à velocidade e força devem ser mais restritivos do que suas contrapartes de modo *Normal*.

Quando um limite de segurança a partir do conjunto limite ativo é violado, o braço do robô executa uma Categoria de Parada 0. Se um limite de segurança ativo, como um limite de posição comum ou de uma fronteira de segurança, já estiver violado quando o braço do robô for ligado, ele começará a funcionar no modo de *Recuperação*. Isto faz com que seja possível deslocar o braço do robô para trás dentro dos limites de segurança. Enquanto que no modo de *Recuperação*, o movimento do braço do robô é limitado por um conjunto de limites fixos que não é personalizado pelo usuário. Para obter detalhes sobre os limites do modo de *Recuperação*, consulte no Manual de Instalação de Hardware.

10.7 Modo de Condução Livre

Quando estiver no Modo *Condução Livre* (consulte 13.1.5), e o movimento do braço do robô se aproximar de certos limites, o usuário sentirá uma força de repulsão. Esta força é gerada em relação aos limites de posição, orientação e velocidade do TCP do robô e aos limites de posição e velocidade das articulações.

O objetivo desta força de repulsão é informar ao usuário que a posição ou a velocidade atual está perto do limite e impedir que o robô exceda esse limite. No entanto, se for aplicada força ao braço do robô pelo usuário, o limite poderá ser violado. A magnitude da força aumentará à medida que o braço do robô se aproxima do limite.

10.7.1 Operação reversa

No modo *Condução Livre*, as articulações do robô podem ser movidas com relativamente pouca força porque os freios são liberados. Durante a inicialização do braço robótico, pequenas vibrações podem ser observadas quando os freios do robô são liberados. Em algumas situações, como quando o robô está perto de uma colisão, esses tremores são indesejáveis e o recurso *Operação*

¹De acordo com o IEC 60204-1, consulte o Glossário para obter mais detalhes.

reversa pode ser usado para forçar o movimento de articulações específicas para uma posição desejada sem libertar todos os freios no braço do robô.

Para habilitar a *Operação reversa*:

1. Pressione ON para ativar a energia para as articulações. O estado do robô é ajustado para “Em espera”. **Não** solte os freios (ou seja, não pressione INICIAR).
2. Pressione e segure o botão do *Condução Livre*. O estado do robô muda para “Operação reversa”.
3. Os freios só serão liberados em articulações onde uma pressão significativa é aplicada enquanto o botão *Condução Livre* estiver engatado/pressionado. Enquanto estiver usando *Operação reversa*, o robô fica pesado para se mover.

10.8 Senha de bloqueio

Todas as configurações nesta tela estarão bloqueadas até que a senha de segurança correta (consulte 15.3) seja digitada no campo de texto em branco na parte inferior da tela e o botão Desbloquear seja pressionado. A tela pode ser bloqueada novamente clicando no botão Bloquear. A guia *Segurança* é automaticamente bloqueada ao navegar fora da tela de configuração de segurança. Quando as definições estiverem bloqueadas, um ícone de cadeado estará visível ao lado do texto *Segurança* no lado esquerdo da tela. Um ícone de desbloqueio é mostrado quando as configurações são desbloqueadas.



NOTA:

Note que o braço do robô é desligado quando a tela de Configuração de Segurança é desbloqueada.

10.9 Aplicar

Ao desbloquear a Configuração de Segurança, o braço do robô será desligado enquanto as mudanças estão sendo feitas. O braço do robô não pode ser ligado até que as alterações tenham sido aplicadas ou revertidas, e uma energia ligada manualmente seja fornecida na tela de inicialização.

Quaisquer alterações à Configuração de Segurança devem ser aplicadas ou revertidas, antes de sair da guia de Instalação. Estas alterações *não* estão em vigor até que o botão *Aplicar* seja pressionado e a confirmação seja realizada. A confirmação exige inspeção visual das alterações feitas ao braço do robô. Por razões de segurança, as informações mostradas são fornecidas em Unidades SI. Um exemplo de caixa de diálogo de confirmação é mostrado abaixo.

Confirmação da configuração de segurança aplicada

Limites

E/S de Segurança

Diversos

Limites Gerais

Limites das Articulações

Limites	Modo Normal	Modo Reduzido
Força	150,00	120,00 N
Potência	300,00	200,00 W
Velocidade	1,50	0,75 m/s
Momento	25,00	10,00 kg m/s

Confirmar Configuração de Segurança

Diminuir

Além disso, na confirmação as alterações são salvas automaticamente como parte da instalação atual do robô. Consulte 13.5 para obter mais informações sobre como salvar a instalação do robô.

10.10 Limites Gerais

Os limites gerais de segurança servem para limitar a velocidade linear do TCP do robô, assim como a força exercida sobre o ambiente. Eles são compostos pelos seguintes valores:

Força: Limite máximo de força que o TCP do robô exerce no ambiente.

Potência: Limite máximo do trabalho mecânico produzido pelo robô no ambiente, considerando a carga útil como parte do robô e não do ambiente.

Velocidade: Limite máximo da velocidade linear do TCP do robô.

Impulso: Limite máximo do impulso do braço do robô.

Há duas maneiras para configurar os limites gerais de segurança durante a instalação: *Configurações Básicas* e *Configurações Avançadas*, que são descritas mais detalhadamente abaixo.

Definir os limites gerais de segurança define somente os limites para a ferramenta, e não os limites gerais do braço do robô. Isso significa que, embora o limite de velocidade seja especificado, isso *não* garante que as outras partes do braço de robô obedecerão a esta mesma limitação.

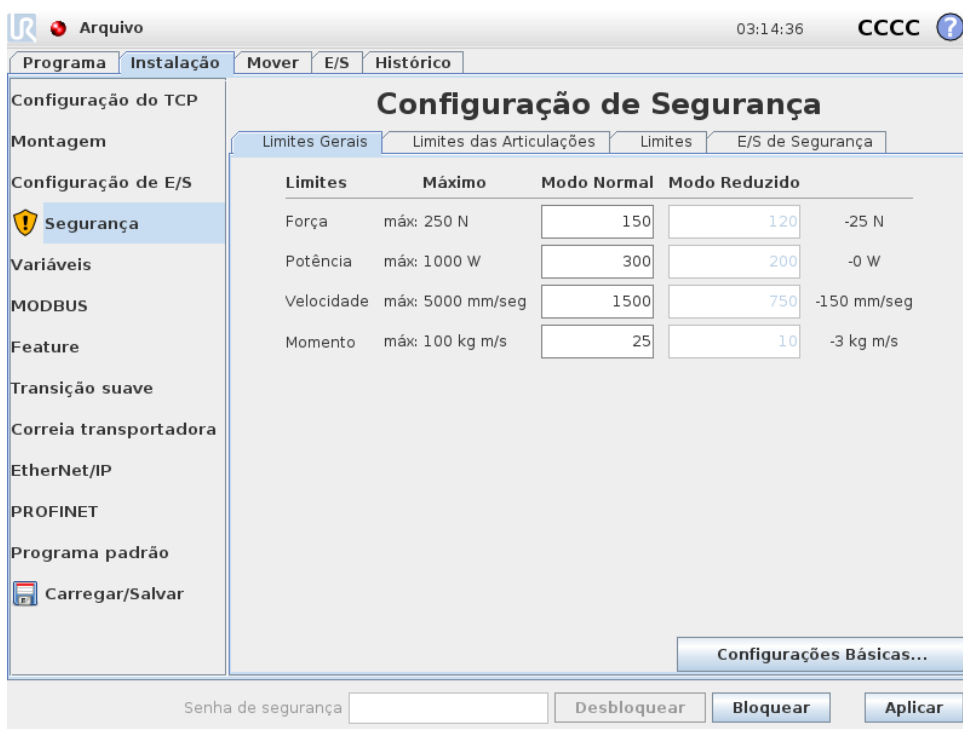
Quando estiver no Modo *Condução Livre* (consulte 13.1.5), e a velocidade atual da articulação do TCP do robô se aproxima do limite de *Velocidade*, o usuário irá sentir uma força de repulsão que aumenta em magnitude à medida que a velocidade se aproxima ao limite. A força é gerada quando a velocidade observada se aproxima a 250/s do limite.

Configurações Básicas O subpainel inicial de limites gerais, exibido como tela padrão, possui um controle deslizante com quatro conjuntos de valores predefinidos para limites de força, potência, velocidade e impulso no modo *Normal* e no *Reduzido*.

Os conjuntos de valores específicos são exibidos na GUI. Os conjuntos de valores predefinidos são apenas sugestões e não devem substituir uma avaliação de risco adequada.

Alterar para Configurações Avançadas Caso *nenhum* dos conjuntos de valores predefinidos seja satisfatório, o botão **Configurações Avançadas . . .** pode ser pressionado para inserir a tela de limites gerais avançados.

Configurações Avançadas



Limites	Máximo	Modo Normal	Modo Reduzido	
Força	máx: 250 N	150	120	-25 N
Potência	máx: 1000 W	300	200	-0 W
Velocidade	máx: 5000 mm/seg	1500	750	-150 mm/seg
Momento	máx: 100 kg m/s	25	10	-3 kg m/s

Aqui, cada um dos limites gerais, descrito em 10.10, pode ser modificado de forma independente dos demais. Isso pode ser feito digitando o novo valor no campo de texto correspondente. O mais alto valor aceito de cada um dos limites está relacionado na coluna intitulada *Máximo*. O limite de força pode ser ajustado para um valor entre 100 N e 250 N, e o limite de potência pode ser ajustado para um valor entre 80 W e 1000 W.

Nota: Os campos dos limites no Modo *Reduzido* ficam desativados, quando nem o plano de segurança e nem a entrada configurável estiverem definidos para acioná-los (ver 10.12 e 10.13 para obter mais detalhes). Além disso, os limites do Modo *Velocidade* e *Impulso*, no Modo *Reduzido*, não devem ser maiores que seus homólogos do Modo *Normal*.

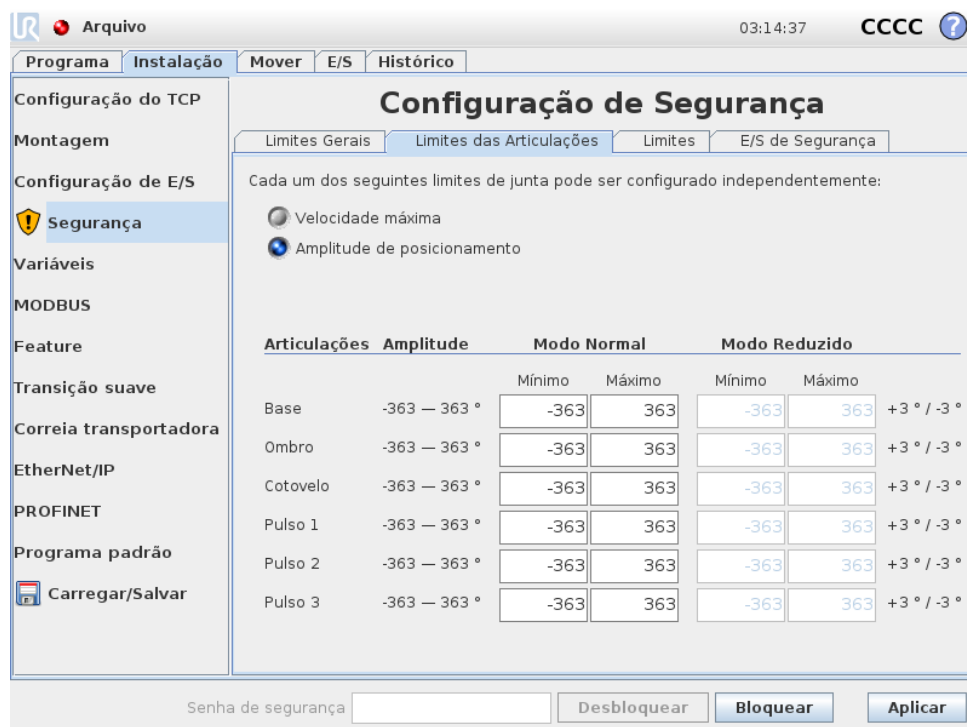
A tolerância e a unidade de cada limite estão listadas ao final de cada linha correspondente. Quando um programa está em execução, a velocidade do braço do robô é ajustada automaticamente para não exceder qualquer um dos valores inseridos menos a tolerância (ver 10.4). Note que o sinal de menos exibido com o valor de tolerância existe apenas para indicar que a tolerância é subtraída do valor real inserido. O sistema de segurança realiza uma Categoria de Parada 0 caso o braço do robô exceda o limite (sem tolerância).

**ALERTA:**

O limite de velocidade se aplica apenas ao TCP robô, de modo que as demais partes do braço de robô podem se mover com velocidade superior ao valor definido.

Alterar para Configurações Básicas Ao pressionar o botão *Configurações Básicas...*, a tela dos limites gerais básicos volta a ser exibida e todos os limites gerais são redefinidos para o valor *Padrão*. Caso isso possa causar a perda de quaisquer valores personalizados, será exibida uma caixa de diálogo para que a ação seja confirmada.

10.11 Limites das Articulações



Articulações	Amplitude	Modo Normal		Modo Reduzido		
		Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	
Base	-363 — 363 °	-363	363	-363	363	+3 ° / -3 °
Ombro	-363 — 363 °	-363	363	-363	363	+3 ° / -3 °
Cotovelo	-363 — 363 °	-363	363	-363	363	+3 ° / -3 °
Pulso 1	-363 — 363 °	-363	363	-363	363	+3 ° / -3 °
Pulso 2	-363 — 363 °	-363	363	-363	363	+3 ° / -3 °
Pulso 3	-363 — 363 °	-363	363	-363	363	+3 ° / -3 °

Os limites das articulações restringem o movimento de cada articulação no espaço, ou seja, eles não se referem ao plano cartesiano, mas sim à posição interna (rotação) das articulações e sua velocidade de rotação. Os botões de rádio, na parte superior do subpainel, possibilitam ajustar de forma independente a Velocidade Máxima e Amplitude de Posicionamento das articulações.

Quando estiver no Modo *Condução Livre* (consulte 13.1.5), e o posicionamento e a velocidade da articulação estão perto do limite, o usuário irá sentir uma força de repulsão que aumenta em magnitude à medida que a articulação se aproxima ao limite. A força é gerada quando a velocidade da articulação se aproxima a 20 °/s do limite de velocidade ou quando a posição da articulação está a aproximadamente 8 ° do limite.

O alcance de posições do Pulso 3 é irrestrito como padrão. Ao usar cabos presos ao robô, primeiramente você deve desabilitar a caixa de seleção *Faixa irrestrita para Pulso 3* para evitar tensão no cabo e parada de proteção.

Velocidade Máxima Esta opção define a velocidade angular máxima de cada articulação. Isso pode ser feito digitando o novo valor no campo de texto correspondente. O mais alto valor aceito se encontra relacionado na coluna intitulada *Máximo*. Nenhum dos valores pode ser definido abaixo do valor de tolerância.

Observe que os campos dos limites no Modo *Reduzido* ficam desativados, dado que o plano de segurança e a entrada configurável não estão definidos para acioná-los (consulte 10.12 e 10.13 para obter mais detalhes). Além disso, os limites do Modo *Reduzido* não devem ser maiores que seus homólogos do Modo *Normal*.

A tolerância e a unidade de cada limite estão listadas ao final de cada linha correspondente. Quando um programa está em execução, a velocidade do braço do robô é ajustada automaticamente para não exceder qualquer um dos valores inseridos menos a tolerância (consulte 10.4). Note que o sinal de menos exibido com cada valor de tolerância existe apenas para indicar que a tolerância é subtraída do valor real inserido. No entanto, caso a velocidade angular de uma articulação exceda o valor inserido (sem tolerância), o sistema de segurança realiza uma Categoria de Parada 0.

Amplitude de Posicionamento Essa tela define a amplitude de posicionamento de cada articulação. Isso é feito com a digitação, nos campos de texto correspondente, dos novos valores dos limites de posicionamento superior e inferior da articulação. Os intervalos inseridos devem corresponder aos valores listados na coluna intitulada *Amplitude* e o limite inferior não excederá os limites superiores.

Nota: Os campos dos limites no Modo *Reduzido* ficam desativados, dado que o plano de segurança e a entrada configurável não estão definidos para acioná-los (consulte 10.12 e 10.13 para obter mais detalhes).

As tolerâncias e a unidade de cada limite estão listadas ao final de cada linha correspondente. O primeiro valor de tolerância aplicável ao valor mínimo e o segundo são aplicáveis ao valor máximo. A execução do programa é interrompida quando a posição de um conjunto está prestes a exceder a cobertura, resultado da adição da primeira tolerância ao valor mínimo inserido e subtraindo a segunda tolerância em relação ao valor máximo inserido, se continuar em movimento ao longo da trajetória predita. Note que o sinal de menos exibido com o valor de tolerância existe apenas para indicar que a tolerância é subtraída do valor real inserido. No entanto, caso a posição da articulação exceda o limite inserido, o sistema de segurança realiza uma Categoria de Parada 0.

10.12 Limites

Nesta guia, é possível configurar limites que consistem em planos de segurança e em um limite máximo de desvio de orientação da ferramenta do robô. Também é possível definir planos que acionam uma transição ao Modo *Reduzido*.

Os planos de segurança podem ser usados para restringir o espaço de trabalho permitido ao robô, garantindo que o TCP do robô fique no lado correto dos planos definidos sem ultrapassá-los. Podem ser configurados até oito planos de segurança. A restrição na orientação da ferramenta pode ser utilizada para assegurar que a orientação da ferramenta do robô não se desvie do valor da orientação determinado.

**ALERTA:**

Definir planos de segurança limita somente o TCP e não o limite global para o braço do robô. Isso significa que, embora o plano de segurança seja especificado, isso *não* garante que as outras partes do braço de robô obedecerão a esta restrição.

A configuração de cada limite tem como base um dos recursos definidos na instalação do robô em questão (consulte 13.12).

**NOTA:**

É altamente recomendável que você crie todos os recursos necessários para a configuração de todos os limites de bordas desejados e atribua-lhes nomes apropriados antes de editar a configuração de segurança. Note que uma vez que o braço do robô é desligado assim que a guia *Segurança* for desbloqueada, o recurso *Ferramenta* (contendo a posição e a orientação atuais do TCP do robô) e o modo *Condução Livre* (consulte 13.1.5) não estarão disponíveis.

Quando o Modo *Condução Livre* (consulte 13.1.5) e a posição atual do TCP do robô estiverem perto de um plano de segurança, ou quando o desvio de orientação da ferramenta do robô em relação à orientação desejada estiver próximo do desvio máximo especificado, o usuário sentirá uma força de repulsão que aumenta em magnitude conforme o TCP se aproxima do limite. A força é gerada quando o TCP está a aproximadamente 5 cm do plano de segurança, ou quando o desvio da orientação da ferramenta está a aproximadamente 3° do desvio máximo especificado.

Quando o plano é definido pelo *Acionamento no Modo Reduzido* e o TCP ultrapassa esse limite, é feita a transição do sistema de segurança para o modo *Reduzido*, que se aplica às configurações de segurança do modo *Reduzido*. Os planos de acionamento seguem as mesmas regras dos planos de segurança convencionais, exceto pelo fato de que eles permitem que o braço do robô os ultrapasse.

10.12.1 Selecionar um limite a ser configurado

O painel *Limites de Segurança*, no lado esquerdo da guia, é usado para selecionar o limite a ser configurado.

Para configurar um plano de segurança, clique em uma das oito melhores entradas listadas no painel. Se o plano de segurança selecionado já tiver sido configurado, a representação 3D correspondente do plano será destacada na *Visualização 3D* (consulte 10.12.2) no lado direito desse painel. O plano de segurança pode ser ajustado na seção *Propriedades do Plano de Segurança* (consulte 10.12.3) na parte inferior da guia.

Clique na entrada *Limites da Ferramenta* para configurar o limite da orientação da ferramenta do robô. A configuração do limite pode ser especificada na seção *Propriedades de Limite da Ferramenta* (consulte 10.12.4), na parte inferior da guia.

Clique no botão  /  para ativar a visualização 3D do limite ligar/desligar. Se o limite estiver ativado, o *modo de segurança* (consulte 10.12.3 e 10.12.4) é indicado por um dos seguintes ícones  /  /  / .

10.12.2 Visualização 3D

A Visualização 3D exibe os planos de segurança configurados e o limite de orientação da ferramenta de robô junto com a posição atual do braço do robô. Todos os limites configurados onde a alternância de visibilidade é selecionada (ou seja, mostrando o ícone ) , na seção Limites de Segurança, são exibidos com o limite atual selecionado.

Os planos de segurança (ativos) são exibidos em amarelo e preto, com uma pequena seta que representa o plano normal, que indica a lateral do plano no qual o TCP do robô pode ser posicionado. Os planos de acionamento são exibidos em azul e verde. Uma pequena seta ilustra o lado do plano que *não* aciona a transação no modo *Reduzido*. Se um plano de segurança for selecionado no painel ao lado esquerdo da guia, a representação 3D correspondente será realçada.

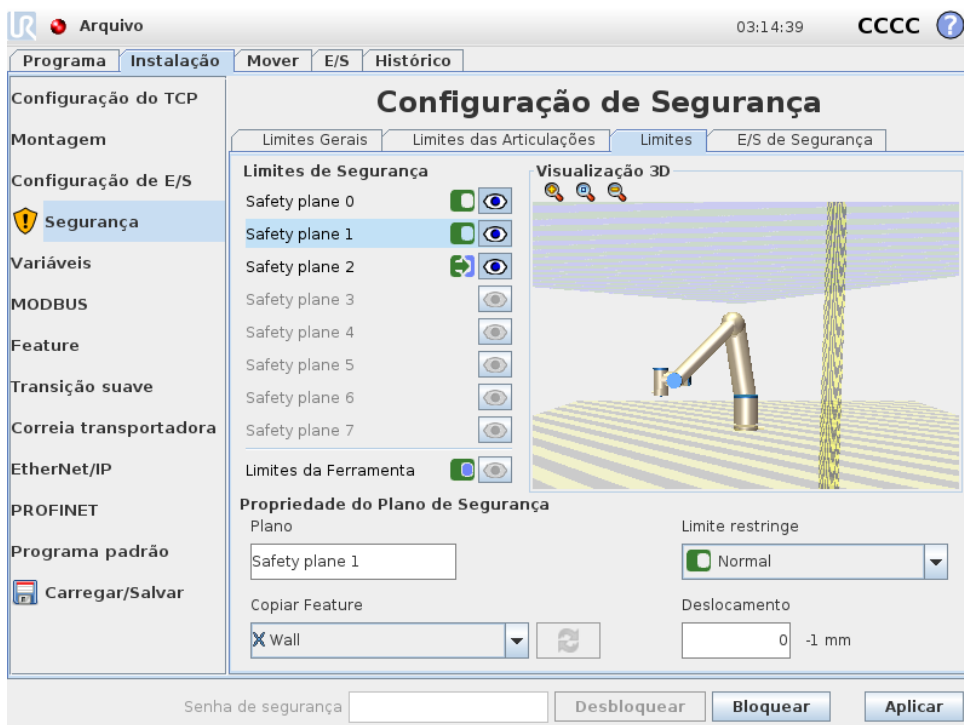
O limite de orientação da ferramenta é visualizado com um cone esférico junto a um vetor que indica a orientação corrente da ferramenta do robô. O interior do cone representa a área permitida para a orientação da ferramenta (vetor).

Quando um plano ou limite de orientação da ferramenta está configurado, porém desativado, a visualização é cinza.

Pressione os ícones de lupa para aumentar/reduzir o zoom ou arraste o dedo para alterar a visualização.

10.12.3 Configuração do plano de segurança

A seção Propriedades do Plano de Segurança, na parte inferior da guia, define a configuração do plano de segurança selecionado no painel Limites de Segurança na parte esquerda superior da guia.



Nome O campo de texto Nome permite que o usuário atribua um nome ao plano de segurança selecionado. Para alterar o nome, toque no campo de texto e insira um novo nome.

Copiar recurso A posição normal do plano de segurança é especificada por meio do recurso da instalação atual do robô (consulte 13.12). Use o menu suspenso na parte inferior esquerda da seção *Propriedades do Plano de Segurança* para selecionar um recurso. Apenas os recursos do tipo plano e ponto estão disponíveis. O item <Undefined> apaga a configuração do plano.

O eixo z do recurso selecionado indicará a área não permitida e o plano normal, a direção oposta, exceto quando o recurso *Base* for selecionado. Nesse caso, o plano normal indicará a mesma direção. Se o plano estiver configurado como um plano de *Acionamento no Modo Reduzido* (consulte 10.12.3), o plano normal indica o lado do plano que *não* aciona a transação no modo *Reduzido*.

Observe que, quando o plano de segurança em função da seleção de um determinado recurso, as informações de posicionamento serão *copiadas* apenas no plano de segurança; o plano *não* está vinculado a esse recurso. Isso significa que se houverem alterações na posição ou na orientação de um recurso que tenha sido usado para configurar um plano de segurança, o plano de segurança não é automaticamente atualizado. A alteração de um recurso é indicada por um ícone  posicionado acima do seletor de funções. Clique no botão , próximo ao seletor, para atualizar o plano de segurança com o posicionamento e a orientação atuais do recurso. O ícone  também é exibido se um recurso selecionado for excluído da instalação.

Modo de Segurança O menu suspenso à direita do painel *Propriedades do Plano de Segurança* é usado para escolher o *modo de segurança* para o plano de segurança, com os seguintes modos disponíveis:

 Desabilitado	O plano de segurança é <i>nunca ativo</i> .
 Normal	Quando o sistema de segurança está no modo <i>Normal</i> , um plano de modo <i>Normal</i> está <i>ativo</i> e age como um <i>limite estrito</i> sobre a posição do TCP do robô.
 Reduzido	Quando o sistema de segurança está no modo <i>Reduzido</i> , um plano de modo <i>Reduzido</i> está <i>ativo</i> e age como um <i>limite estrito</i> sobre a posição do TCP do robô.
 Normal & Reduzido	Quando o sistema de segurança está no modo <i>Normal</i> ou <i>Reduzido</i> , um plano de modo <i>Normal & Reduzido</i> está <i>ativo</i> e age como um <i>limite estrito</i> sobre a posição do TCP do robô.
 Acionamento no Modo Reduzido	Quando o sistema de segurança está no modo <i>Normal</i> ou <i>Reduzido</i> , um plano de <i>Acionamento no Modo Reduzido</i> está <i>ativo</i> e faz com que o sistema de segurança para exiba o modo <i>Reduzido</i> durante o tempo em que o TCP do robô está posicionado além dele.

O *modo de segurança* selecionado é indicado pelo ícone da entrada correspondente no painel *Limites de Segurança*. Se o *modo de segurança* estiver *Desabilitado*, nenhum ícone será exibido.

Deslocamento Ao selecionar um recurso, na caixa suspensa, na parte inferior esquerda do painel *Propriedades do Plano de Segurança*, é possível alterar o plano de segurança tocando no campo de texto *Deslocamento*, na parte inferior esquerda desse painel, e inserindo um valor. Um valor positivo aumenta o espaço de trabalho do robô devido ao movimento na direção oposta ao plano normal, ao passo que um valor negativo diminui a área permitida, dado o movimento na mesma direção do plano normal.

A tolerância e a unidade para o deslocamento do plano de fronteira são apresentadas à direita do campo de texto.

Efeito dos planos de limite estrito A execução do programa é interrompida quando a posição do TCP está prestes a cruzar um limite ativo e rigoroso plano de segurança menos a tolerância (consulte 10.4), se ela continuar se movendo na trajetória prevista. Note que o sinal de menos exibido com o valor de tolerância existe apenas para indicar que a tolerância é subtraída do valor real inserido. O sistema de segurança realizará uma Categoria de Parada 0 caso a posição do TCP exceda o plano de segurança do limite especificado (sem tolerância).

Efeito dos planos do Acionamento no Modo Reduzido Quando nenhuma parada de proteção está em vigor e o sistema de segurança não está no modo especial *Recuperação* (consulte 10.6), ele opera em modo *Normal* ou *Reduzido* e os movimentos do braço robô são limitados pelo conjunto de limite respectivo.

Por padrão, o sistema de segurança está no modo *Normal*. Ele passa para o modo *Reduzido* sempre que uma das seguintes situações acontece:

- a) O TCP do robô está posicionado além de algum plano de *Acionamento no Modo Reduzido*, ou seja, que está localizado sobre o lado do plano que é *oposto* à direção da pequena seta na visualização do plano.
- b) A função de entrada de segurança do *Modo Reduzido* está configurada e os sinais de entrada são baixos (consulte 10.13 para obter mais detalhes).

Quando nenhuma das opções acima é o caso por mais tempo, o sistema de segurança faz a transição para o modo *Normal*.

Quando a transição do modo *Normal* para o *Reduzido* é causada pela passagem por meio de um plano de *Acionamento no Modo Reduzido*, ocorre uma transição do conjunto limite do modo *Normal* para o conjunto limite do modo *Reduzido*. Assim que o TCP do robô é posicionado a 20 mm ou mais próximo ao plano *Acionamento no Modo Reduzido* (mas ainda do lado do modo *Normal*), o mais permissivo dos limites de modo *Normal* e *Reduzido* é aplicado para cada valor limite. Uma vez que o TCP do robô passa pelo plano *Acionamento no Modo Reduzido*, o conjunto do limite de modo *Normal* não está mais ativo e o conjunto de limite de modo *Reduzido* é aplicado.

Quando a transição do modo *Reduzido* para o *Normal* é causada pela passagem por meio de um plano de *Acionamento no Modo Reduzido*, ocorre uma transição do conjunto limite do modo *Reduzido* para o conjunto limite do modo *Normal*. Assim que o TCP do robô passa pelo plano *Acionamento no Modo Reduzido*, o mais permissivo dos limites de modo *Normal* e *Reduzido* é aplicado para cada valor limite. Uma vez que o TCP do robô está posicionado a 20 mm ou mais do plano *Acionamento no Modo Reduzido* (no lado do modo *Normal*), o conjunto de limite de modo *Reduzido* não está mais ativo e o conjunto de limite de modo *Normal* é aplicado.

Se a trajetória predita levar o TCP do robô por um plano de *Acionamento no Modo Reduzido*, o braço do robô começará a desacelerar mesmo antes de passar pelo plano, se ele estiver prestes a exceder a velocidade de articulação, velocidade da ferramenta ou limite de impulso no novo conjunto limite. Note que uma vez que esses limites são obrigados a ser mais restritivos no conjunto de limite de modo *Reduzido*, tal desaceleração precoce pode ocorrer apenas ao fazer a transição do modo *Normal* para o *Reduzido*.

10.12.4 Configuração de Limites da Ferramenta



O painel *Propriedades de Limites da Ferramenta*, na parte inferior da guia, define um limite na orientação da ferramenta do robô, composto por uma orientação da ferramenta desejada, e um valor de desvio máximo permitido dessa orientação.

Desvio O campo de texto *Desvio* exibe o valor do desvio máximo permitido na orientação da ferramenta do robô a partir da orientação desejada. Modifique esse valor tocando no campo de texto e digitando o novo valor.

O intervalo de valores aceitos, juntamente com a tolerância e a unidade do desvio, está listado próximo ao campo de texto.

Copiar recurso A orientação desejada da ferramenta do robô é especificada por meio do recurso da instalação atual do robô (consulte 13.12). O eixo z do recurso selecionado será utilizado como o vetor de orientação desejada nesse limite.

Use a caixa suspensa, na parte inferior esquerda da seção *Propriedades do Plano de Segurança*, para selecionar um recurso. Apenas os recursos do tipo plano e ponto estão disponíveis. O item *<Undefined>* apaga a configuração do plano.

Observe que, quando o limite for configurado em função da seleção de um determinado recurso, as informações de orientação serão *copiadas* apenas no limite; o limite *não* está vinculado a esse

recurso. Isso significa que se houver alterações na posição e na orientação de um elemento usado para configurar um limite, o limite não será automaticamente atualizado. A alteração de um recurso é indicada por um ícone  posicionado acima do seletor de funções. Clique no botão , próximo ao seletor, para atualizar o limite com a orientação atual do recurso. O ícone  também é exibido se um recurso selecionado for excluído da instalação.

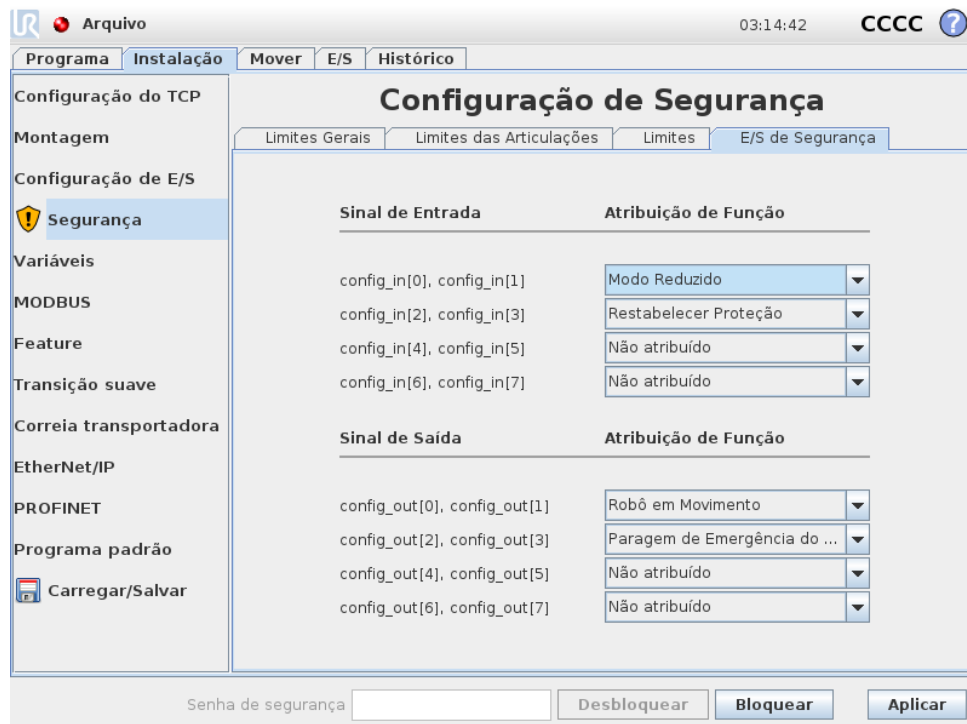
Modo de Segurança O menu suspenso à direita do painel *Propriedades do Limite* da Ferramenta é usado para escolher o *modo de segurança* para o limite de orientação da ferramenta. As opções disponíveis são:

 Desabilitado	O limite da ferramenta nunca está ativado.
 Normal	Quando o sistema de segurança está em modo <i>Normal</i> , o limite de ferramenta está ativo.
 Reduzido	Quando o sistema de segurança está em modo <i>Reduzido</i> , o limite de ferramenta está ativo.
 Normal & Reduzido	Quando o sistema de segurança está em modo <i>Normal</i> ou <i>Reduzido</i> , o limite de ferramenta está ativo.

O *modo de segurança* selecionado é indicado pelo ícone da entrada correspondente no painel *Limites de Segurança*. Se o *modo de segurança* estiver *Desabilitado*, nenhum ícone será exibido.

Efeito A execução do programa é abortada quando o desvio da orientação da ferramenta está prestes a ultrapassar o desvio máximo inserido menos a tolerância (consulte 10.4), se ela continuar se movendo na trajetória prevista. Note que o sinal de menos exibido com o valor de tolerância existe apenas para indicar que a tolerância é subtraída do valor real inserido. O sistema de segurança realizará uma Categoria de Parada 0 caso o desvio da orientação da ferramenta exceda o limite (sem tolerância).

10.13 E/S de Segurança



Esta tela define as *Funções de segurança* para as entradas e saídas (E/S) configuráveis. As E/S são divididas entre entradas e saídas e são combinadas de modo que cada função esteja fornecendo uma E/S de Categoria² 3 e PLd E/S.

Cada *Função de segurança* pode controlar apenas um par de E/S. Ao tentar selecionar a mesma função de segurança uma segunda vez, faz com que ela seja removida do primeiro par de E/S que fora previamente definida. Há 5 *funções de segurança* para sinais de entrada e 5 para sinais de saída.

Nota: Aplicação de uma função de segurança para um conjunto de pinos substituirão quaisquer ações de E/S especificado para pinos em Configuração de E/S (consulte 13.8).

10.13.1 Sinais de Entrada

As seguintes *funções de segurança* dos sinais de entrada podem ser selecionadas: Parada de Emergência do Sistema, Modo Reduzido, Reinício de Proteção, Dispositivo de ativação de três posições e Modo Operacional.

Parada de Emergência do Sistema Quando configurado, permite ter um botão adicional de Parada de Emergência além do Botão de parada de emergência no Teach Pendant. Esta funcionalidade requer o uso de um dispositivo compatível com ISO 13850.

Modo Reduzido Todos os limites de segurança têm dois modos nos quais podem ser aplicados: O modo *Normal*, que especifica a configuração de segurança padrão e o modo *Reduzido*

²De acordo com a ISO 13849-1, consulte o Glossário para obter mais detalhes.

(consulte 10.6 para obter mais detalhes). Quando esta função de segurança de entrada está selecionada, um sinal baixo é dado às entradas, o que faz com que o sistema de segurança realize a transição para o modo *Reduzido*. Se necessário, o braço do robô, então, desacelera para satisfazer o conjunto limite do modo *Reduzido*. Se o braço do robô ainda violar qualquer um dos limites do modo *Reduzido*, ele realizará uma Categoria de Parada 0. A transição para o modo *Normal* acontece da mesma forma. Note que os planos de segurança também podem causar uma transição para o modo *Reduzido* (consulte 10.12.3 para obter mais detalhes).

Reinício de Proteção Se Parada de Segurança estiver conectada às E/Ss de segurança, essa entrada é usada para garantir que o estado de Parada de Segurança permaneça até que o reinício seja acionado. O braço do robô não se moverá quando estiver no estado de Parada de Segurança.


ALERTA:

Por padrão, a função Reinício de Proteção está configurada para pinos de entrada 0 e 1. Desativá-la completamente implica que o braço robô deixe de ter Parada de Segurança assim que a entrada Parada de Segurança se tornar superior. Em outras palavras, sem a Reinício de Proteção, as entradas Parada de Segurança SI0 e SI1 (consulte Manual de Instalação de Hardware) determinam totalmente se o estado Parada de Segurança está ativo ou não.

Dispositivo de ativação de três posições e Modo Operacional Elas permitem o uso um dispositivo de ativação de 3 posições como uma medida de proteção adicional durante a configuração e programação do robô. Com a entrada Dispositivo de ativação de três posições configurada, o robô está ou no “modo de execução” ou no “modo de programação”. Um ícone será exibido no canto superior direito mostrando o modo operacional atual:

-  *Modo de execução:* O robô pode executar apenas tarefas predefinidas. A guia Mover e o modo de Condução Livre estão indisponíveis.
-  *Modo de programação:* As restrições presentes no *Modo de execução* são revogadas. No entanto, sempre que a entrada Dispositivo de ativação de três posições for baixa, o robô estará em Parada de Segurança. Além disso, o botão deslizante de velocidade é definido em um valor inicial que corresponde a 250 mm/s e pode ser aumentado incrementalmente para atingir uma velocidade maior. O botão deslizante de velocidade é redefinido no valor baixo sempre que a entrada Dispositivo de ativação de três posições passa de baixa para alta.

Existem dois métodos para configurar a seleção do modo operacional:

1. Para selecionar o modo operacional usando um dispositivo de seleção de modo externo, configure a entrada Modo Operacional. A opção para configurá-la será exibida nos menus suspensos assim que a entrada Dispositivo de ativação de três posições for configurada. O robô estará no *Modo de execução* quando a entrada Modo Operacional for baixa e no *Modo de programação* quando for alta.

2. Para selecionar o modo operacional do PolyScope, apenas a entrada Dispositivo de ativação de três posições deve ser configurada e aplicada à Configuração de Segurança. Nesse caso, o modo padrão é o de *Execução*. Para mudar para o *Modo de programação*, selecione o botão “Programar Robô” na tela de Boas-vindas. Para voltar para o *Modo de execução*, basta sair da tela “Programar Robô”.

**NOTA:**

- Após a configuração da E/S de Segurança com o Dispositivo de ativação de três posições habilitado ser confirmada, a tela de Boas-vindas é exibida automaticamente. A tela de Boas-Vindas também é exibida automaticamente quando o modo operacional muda de *Programação* para *Execução*.
- O seletor do modo físico, se usado, deve obedecer totalmente a norma ISO 10218-1: artigo 5.7.1 para seleção.
- O comutador de 3 posições, junto com o seu comportamento, características de desempenho e operação, deve estar totalmente em conformidade com a norma ISO 10218-1: artigo 5.8.3 para um dispositivo de ativação.

10.13.2 Sinais de Saída

As seguintes *funções de segurança* dos sinais de saída podem ser aplicadas. Todos os sinais retornam ao valor baixo quando o estado que acionou o sinal alto é concluído:

Parada de Emergência do Sistema O sinal baixo é enviado somente quando o sistema de segurança é acionado em um estado de Parada de Emergência pela entrada Parada de Emergência do Robô ou Botão de parada de emergência. Para evitar bloqueios, se o estado de Parada de Emergência for acionado pela entrada Parada de Emergência do Sistema, o sinal baixo não será enviado.

**NOTA:**

Máquinas externas obtendo o estado de Parada de Emergência do robô através da saída da Parada de Emergência do Sistema devem estar de acordo com a norma ISO 13850. Isto é particularmente necessário em configurações onde a entrada Parada de Emergência do Robô está conectada a um dispositivo de parada de emergência externo. Em tais casos, a saída da Parada de Emergência do Sistema irá se tornar alta quando o dispositivo de Parada de Emergência externo for liberado. Isto implica que o estado de parada de emergência em máquinas externas será redefinido sem nenhuma ação manual necessária a partir do operador do robô. Portanto, para cumprir com as normas de segurança, as máquinas externas devem exigir uma ação manual para serem reiniciadas.

Robô em Movimento Um sinal baixo é enviado sempre que o braço do robô está em movimento. Quando o braço do robô está em uma posição fixa, um sinal alto é enviado.

Robô Sem Parada O nível do sinal é Alto quando o robô está parado ou em processo de parada devido a uma parada de emergência ou uma parada de segurança. Caso contrário, o sinal é Baixo.

Modo Reduzido Envia um sinal baixo quando o braço do robô é colocado no Modo *Reduzido* ou se a entrada de segurança está configurada com uma entrada *Modo Reduzido* e o sinal é atualmente baixo. Caso contrário, o sinal será alto.

Modo Não Reduzido Este é o inverso do *Modo Reduzido* definido acima.

11 Iniciar programação

11.1 Introdução

O braço da Universal Robot é composto por articulações e tubos. As articulações e seus nomes são mostrados na Figura 11.1. A **Base** é onde o robô é instalado. Na outra extremidade (**Pulso 3**) a ferramenta do robô é anexada. Ao coordenar o movimento de cada uma das articulações, o robô pode deslocar a ferramenta livremente, exceto na área justo acima e justo abaixo da base.

O PolyScope é a interface gráfica do usuário (GUI) que permite, além de operar o braço do robô e a caixa de controle, executar programas de robôs e criar novos programas facilmente.

A próxima seção serve de introdução ao robô. Em seguida, as telas e funcionalidades do PolyScope são explicadas mais detalhadamente.



PERIGO:

1. O Manual de Instalação de Hardware contém informações de segurança importantes, que devem ser lidas e compreendidas pelo integrador de robôs da UR antes de o robô ser ligado pela primeira vez.
2. O integrador deve definir os parâmetros de configuração de segurança definidos pela avaliação de risco antes de ligar o braço do robô pela primeira vez, consulte o capítulo 10.

11.2 Introdução

Antes de usar o PolyScope, o braço do robô e a caixa de controle devem ser instalados. Esta última deve também ser ligada.

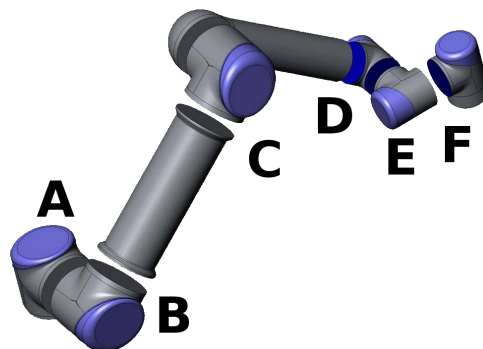


Figura 11.1: Articulações do robô. A: Base, B: Ombro, C: Cotovelo e D, E, F: Pulso 1, 2, 3

11.2.1 Como instalar o braço do robô e a caixa de controle

Para instalar o braço do robô e a caixa de controle, prossiga da seguinte forma:

1. Retire o braço do robô e a caixa de controle da embalagem.
2. Monte o robô em uma superfície firme o suficiente para resistir a, pelo menos, dez vezes o torque total da articulação base e, pelo menos, cinco vezes o peso do braço do robô. A superfície deve estar livre de vibração.
3. Coloque a caixa de controle ao pé da superfície.
4. Conecte o plugue do cabo do robô à caixa de controle.
5. Conecte o plugue da caixa do controlador.



ALERTA:

Perigo de queda. Se o robô não estiver bem colocado, em uma superfície firme, ele pode cair e machucar alguém.

As instruções detalhadas de instalação podem ser encontradas no Manual de Instalação de Hardware. Observe que é obrigatório realizar a avaliação de risco antes de usar o braço do robô em qualquer aplicação.

11.2.2 Como ligar e desligar a caixa de controle

A caixa de controle é ativada ao pressionar o botão de energia, na parte frontal do painel da touchscreen. Esse painel é normalmente chamado de *teach pendant*. Quando a caixa de controle estiver ativada, aparecerá um texto na touchscreen do sistema operacional subjacente. Após aproximadamente um minuto, alguns botões aparecerão na tela e uma janela pop-up levará o usuário até a tela de inicialização (consulte 11.5).

Para desligar a caixa de controle, pressione o botão verde na tela, ou use o botão *Desligar* na tela de boas-vindas (consulte 11.4).



ALERTA:

Desligar tirando o cabo de energia da tomada pode corromper o sistema de arquivos do robô e, posteriormente, pode resultar em mau funcionamento do robô.

11.2.3 Como ligar e desligar o braço do robô

O braço do robô pode ser ligado se a caixa de controle estiver ativada e se nenhum botão de parada de emergência estiver ativado. O braço do robô é ligado na tela de inicialização (consulte 11.5) ao tocar no botão **LIGAR** na tela e, em seguida, pressionar **Iniciar**. Quando o robô é iniciado, ele emite um som e faz um pequeno movimento ao liberar os freios.

A energia do braço do robô pode ser desligada tocando no botão **DESLIGAR** na tela de inicialização. O braço do robô também é automaticamente desativado quando a caixa de controle é desligada.

11.2.4 Início rápido

Para iniciar o robô rapidamente após a instalação, execute as etapas a seguir:

1. Pressione o botão de parada de emergência na parte frontal do teach pendant.
2. Pressione o botão de energia do teach pendant.
3. Espere um minuto enquanto o sistema está iniciando e exibindo texto na touchscreen.
4. Quando o sistema estiver pronto, uma janela pop-up será mostrada na touchscreen, informando que o robô precisa ser inicializado.
5. Toque no botão na caixa de diálogo. Você será direcionado à tela de inicialização.
6. Aguarde o diálogo `Confirmação da configuração de segurança aplicada` e pressione o botão `Confirmar configuração de segurança`. Isso aplica um conjunto inicial de parâmetros de segurança que precisam ser ajustados com base em uma avaliação de risco.
7. Desbloqueie o botão de parada de emergência. O estado do robô é alterado de `Parada de Emergência` para `Desenergizado`.
8. Permaneça fora do alcance do espaço de trabalho do robô.
9. Toque o botão `Ligar` na touchscreen. Espere alguns segundos até que o estado do robô seja `Inativo`.
10. Verifique se a massa de carga útil e a instalação selecionada são corretas. Você será notificado, com base nos dados do sensor, se a instalação não se adequa à instalação selecionada.
11. Toque o botão `Iniciar` na touchscreen. Agora, o robô emite um som e faz um pequeno movimento ao liberar os freios.
12. Toque o botão `OK`, o que o leva à tela de `Boas-vindas`.

11.2.5 O primeiro programa

Um programa é uma lista de comandos dizendo para o robô o que ele deve fazer. O PolyScope permite a programação do robô por pessoas com pouca experiência de programação. Para a maioria das tarefas, a programação é feita inteiramente por meio do painel de toque, sem a necessidade de digitar quaisquer comandos crípticos.

A movimentação da ferramenta é a parte de um programa do robô que ensina o Braço do Robô como se mover. No PolyScope, as movimentações da ferramenta são configuradas usando uma série de **pontos de rota**. Os pontos de rota combinados formam um caminho que o Braço do Robô segue. Um ponto de rota pode ser definido usando a Guia Mover, com o movimento (ensinamento) do robô para uma determinada posição, ou pode ser calculado pelo software. Use a Guia Mover (veja 13.1) para mover o Braço do Robô para uma posição desejada, ou ensine a posição puxando o Braço do Robô para a posição enquanto aperta o botão `Condução Livre` por detrás `Teach Pendant`.

Além de se mover por pontos de rota, o programa pode enviar sinais de E/S para outras máquinas em determinados pontos no caminho do robô e executar comandos como **if...then** e **loop**, com base nas variáveis e nos sinais de E/S.

Em baixo tem um programa simples que permite a um Braço de Robô, que foi iniciado, se mover entre dois pontos de rota.

1. Toque o botão Programar Robô e selecione Programa Vazio.
2. Toque o botão Próximo (parte inferior direita) de forma que a linha <empty> seja selecionada na estrutura em árvore do lado esquerdo da tela.
3. Acesse a guia Estrutura.
4. Toque o botão Mover.
5. Acesse a guia Comando.
6. Pressione o botão Próximo para ir para as configurações do Ponto de Rota.
7. Pressione o botão Definir este ponto de rota ao lado da figura “?”.
8. Na tela Mover, mova o robô pressionando as várias setas azuis ou mova o robô segurando o botão Condução Livre, colocado na parte de trás do teach pendant, enquanto puxa o braço do robô.
9. Pressione OK.
10. Pressione Adicionar ponto de rota antes.
11. Pressione o botão Definir este ponto de rota ao lado da figura “?”.
12. Na tela Mover, mova o robô pressionando as várias setas azuis ou mova o robô segurando o botão Condução Livre enquanto puxa o braço do robô.
13. Pressione OK.
14. Seu programa está pronto. O robô se moverá entre os dois pontos quando você pressionar o símbolo de “Reproduzir”. Mantenha distância, segure o botão de parada de emergência e pressione “Reproduzir”.
15. Parabéns! Você acaba de produzir seu primeiro programa para mover o robô entre os dois pontos de rota.

**ALERTA:**

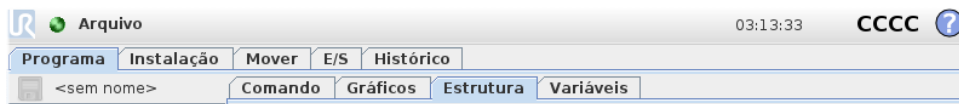
1. Tome cuidado para que o robô não se choque contra ele mesmo ou algum objeto, pois isso poderá danificá-lo.
2. Mantenha sua cabeça e torso fora do alcance (área de trabalho) do robô. Não coloque os dedos onde possam ser agarrados.
3. Isso é apenas um guia de início rápido para mostrar como é fácil usar o robô da UR. Ele pressupõe um ambiente seguro e um usuário muito cuidadoso. Não aumente a velocidade ou a aceleração acima dos valores-padrão. Sempre realize uma avaliação de risco antes de colocar o robô em funcionamento.

11.3 Interface de Programação PolyScope

O PolyScope é executado na tela sensível ao toque anexada à caixa de controle.



A figura acima mostra a Tela de Boas-vindas. As áreas azuladas da tela são botões que podem ser pressionados com o dedo ou com a parte de trás de uma caneta contra a tela. O PolyScope tem uma estrutura hierárquica de telas. No ambiente de programação, as telas estão organizadas em *guias* para facilitar o acesso às telas.



Neste exemplo, a guia **Programa** está selecionada no nível superior e sob ela a guia **Estrutura** está selecionada. A guia **Programa** contém informações relacionadas ao programa atualmente carregado. Se a guia **Mover** for selecionada, a tela será alterada para a tela **Mover**, a partir da qual o braço do robô pode ser movido. De forma semelhante, ao selecionar a guia **E/S**, o estado atual da E/S elétrica pode ser monitorado e alterado.

É possível conectar um mouse e um teclado à caixa de controle ou ao teach pendant; no entanto, isso não é necessário. Praticamente todos os campos de texto são ativados por toque, portanto, tocá-los ativa um teclado numérico ou um teclado na tela.

As várias telas do PolyScope são descritas nas seções a seguir.

11.4 Tela de Boas-vindas



Após inicializar o PC do controlador, a tela de boas-vindas é mostrada. A tela oferece as opções a seguir:

- **Executar Programa:** Selecione e execute um programa existente. Essa é a maneira mais fácil de operar o braço do robô e a caixa de controle .
- **Programar Robô:** Altera um programa ou cria um novo programa.
- **Configurar Robô:** Altera o idioma, configura senhas, atualiza software etc.
- **Desligar Robô:** Desliga o braço do robô e a caixa de controle.
- **Sobre:** Fornece detalhes relacionados a versões de software, nome do host, endereço IP, número de série e informações legais.

11.5 Tela de Inicialização



Nessa tela, a inicialização do braço do robô é controlada.

Indicador do estado do Braço do Robô

O LED de status indica o estado de funcionamento do braço do robô:

- Um LED vermelho indica que o braço do robô está parado devido a vários motivos.
- Um LED amarelo indica que o braço do robô está ligado, mas não está preparado para funcionar normalmente.
- Por último, um LED verde indica que o braço do robô está ligado e preparado para funcionar normalmente.

O texto que aparece ao lado do LED especifica o estado atual do braço do robô.

Carga útil ativa e instalação

Quando o braço do robô é ligado, a massa da carga útil utilizada pelo controlador ao operar o braço do robô é mostrada no campo de texto pequeno e branco. Esse valor pode ser modificado tocando no campo de texto e digitando o novo valor.

Nota: a definição desse valor não modifica a carga útil da instalação do robô (consulte 13.6), apenas define a massa da carga útil a ser usada pelo controlador.

Da mesma forma, o nome do arquivo de instalação carregado é exibido no campo de texto cinza. Uma instalação diferente pode ser carregada tocando no campo de texto ou por meio do botão **Carga** próxima a ele. A instalação carregada também pode ser personalizada usando os botões ao lado da visualização 3D, na parte inferior da tela.

Antes de iniciar o braço do robô, é muito importante verificar tanto a carga ativa quanto a instalação ativa relacionadas à situação real na qual se encontra o braço do robô.

Como Inicializar o Braço do Robô



PERIGO:

Sempre verifique se a carga útil e a instalação estão corretas antes de iniciar o braço do robô. Se essas configurações estiverem erradas, o braço do robô e caixa de controle não funcionarão corretamente e podem representar perigo para as pessoas ou equipamentos.



CUIDADO:

Muito cuidado deve ser tomado se o braço do robô tocar um obstáculo ou uma mesa, uma vez que o contato do braço do robô com o obstáculo pode danificar a caixa de engrenagem da articulação.

O botão em destaque com o ícone verde serve para executar a inicialização do braço do robô. O texto do botão e as ações que executa mudam em função do estado atual do braço do robô.

- Após o PC controlador iniciar, o botão deve ser pressionado uma vez para ligar o braço do robô. O estado do braço do robô então fica **Ligado** e posteriormente, **Inativo**. Observe que, quando uma parada de emergência é acionada, o braço do robô não pode ser ligado, de modo que o botão será desativado.
- Quando o estado do braço do robô fica **Inativo**, o botão precisa ser pressionado novamente para iniciar o braço do robô. Neste ponto, os dados do sensor são contrastados com a configuração da montagem do braço do robô. Se alguma incompatibilidade for encontrada (com uma tolerância de 30°), o botão será desabilitado e uma mensagem de erro é exibida abaixo.

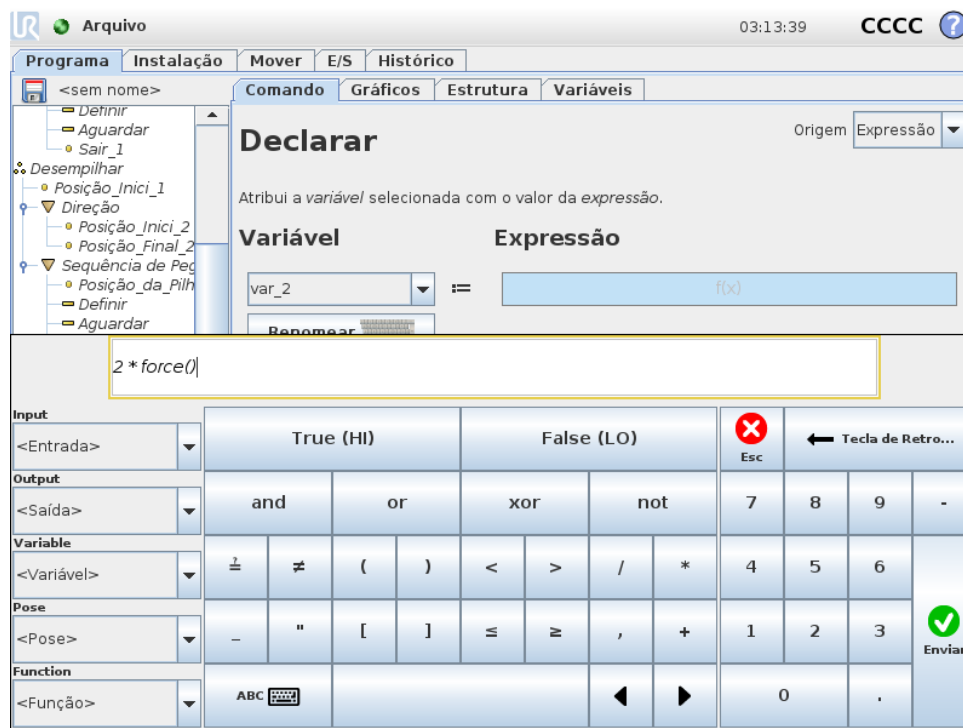
Se a verificação da montagem for aprovada, pressionar o botão faz com que todos os freios de articulações sejam liberados e o braço do robô fica preparado para funcionar normalmente. Observe que o robô faz um som e faz um pequeno movimento ao liberar os freios.

- Se o braço do robô ultrapassar um dos limites de segurança, ele funcionará em um **Modo de Recuperação** especial. Neste modo, ao pressionar o botão aparece uma tela do modo de recuperação onde o braço do robô pode retornar aos limites de segurança.
- Se ocorrer uma falha, o controlador poderá ser reiniciado usando o botão.
- Se o controlador não estiver em execução, o botão poderá ser iniciado pelo toque.

Por último, o botão menor com o ícone vermelho serve para desenergizar o braço do robô.

12 Editores na tela

12.1 Editor de expressão na tela



Apesar de a expressão em si ser editada como texto, o editor de expressão tem diversos botões e funções para inserir os símbolos de expressão especiais, como * para multiplicação e $\leq$ para menor ou igual. O botão de símbolo de teclado, no canto superior esquerdo da tela, alterna para edição de texto da expressão. Todas as variáveis definidas podem ser encontradas no seletor de Variável, enquanto que os nomes das portas de entrada e de saída podem ser encontrados nos seletores de Entrada e Saída. Algumas funções especiais são encontradas em Função.

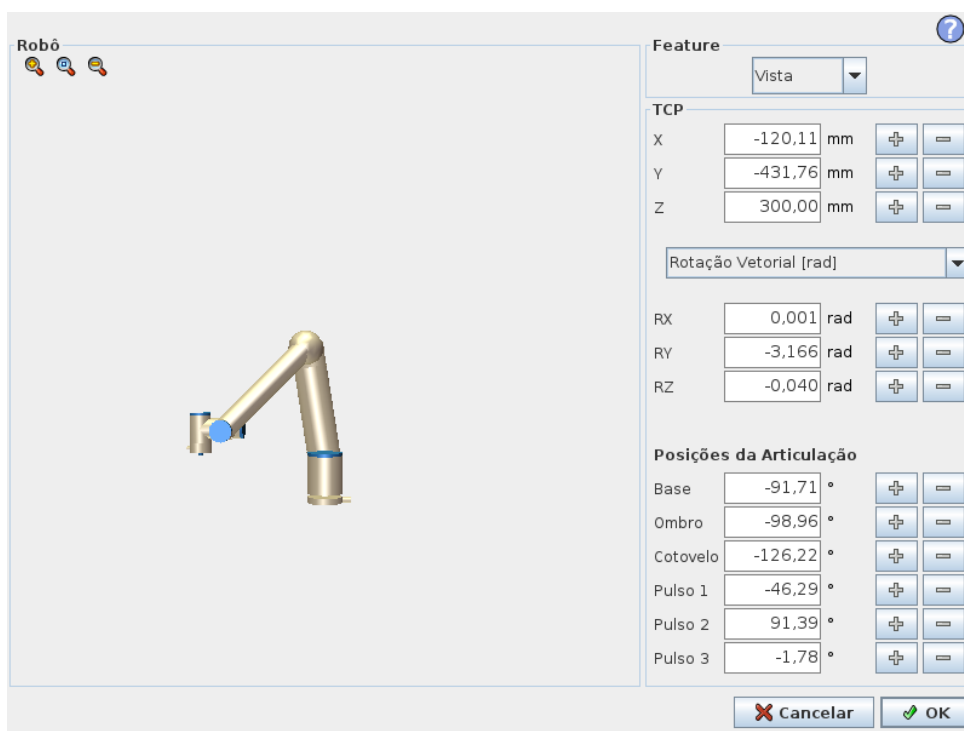
A expressão é verificada para erros gramaticais quando o botão Ok é pressionado. O botão Cancelar sai da tela descartando todas as alterações.

Uma expressão pode ser semelhante a esta:

```
digital.in[1]?True and analog.in[0]<0.5
```

12.2 Tela Editor de Posição

Nessa tela, é possível especificar posições destino das articulações ou uma posição destino (posição e orientação) da ferramenta do robô. Essa tela é “off-line” e não controla o braço do robô diretamente.



Robô

A posição atual do braço do robô e a nova posição de destino especificada são mostradas em gráficos 3D. O desenho 3D do braço do robô mostra a posição atual do braço do robô, e sua “sombra” mostra a posição do destino do braço do robô controlado pelos valores especificados do lado direito da tela. Pressione os ícones de lupa para aumentar/reduzir o zoom ou arraste o dedo para alterar a visualização.

Se a posição do objetivo especificado do TCP do robô se aproximar de um plano de segurança ou de acionamento, ou a orientação da ferramenta do robô estiver perto do limite de orientação da ferramenta (consulte 10.12), uma representação 3D do limite aproximado será exibida.

Os planos de segurança são visualizados em amarelo e preto, com uma pequena seta que representa o plano normal, que indica a lateral do plano no qual o TCP do robô pode ser posicionado. Os planos de acionamento são exibidos em azul e verde e uma seta pequena aponta na direção do plano lateral, onde os limites do modo *Normal* estão ativos (consulte 10.6). O limite de orientação da ferramenta é visualizado com um cone esférico junto a um vetor que indica a orientação corrente da ferramenta do robô. O interior do cone representa a área permitida para a orientação da ferramenta (vetor).

Quando o TCP do robô em questão não estiver mais na proximidade do limite, a representação 3D desaparece. Se o TCP em questão violar ou estiver a ponto de violar um limite, a visualização do limite fica vermelha.

Função e posição da ferramenta

Na parte superior direita da tela está o seletor de funções. Ele define a função em relação à qual controlar o braço do robô

Abaixo do seletor de recurso, o nome do Ponto Central da Ferramenta (TCP) ativo é exibido. Para mais informações sobre a configuração de vários TCPs nomeados, consulte 13.6. As caixas

de texto mostram os valores completos de coordenadas do TCP em relação ao recurso selecionado. X, Y e Z controlam a posição da ferramenta, enquanto que RX, RY e RZ controlam a orientação da ferramenta.

Use o menu suspenso acima das caixas RX, RY e RZ para escolher a representação da orientação. Tipos disponíveis são:

- **Vetor de Rotação [rad]** A orientação é fornecida como um *vetor de rotação*. O comprimento do eixo é o ângulo a ser girado em radianos e o vetor em si fornece o eixo sobre o qual girar. Essa é a configuração padrão.
- **Vetor de Rotação [°]** A orientação é fornecida como um *vetor de rotação*, em que o comprimento do vetor é o ângulo a ser girado em graus.
- **RPY [rad]** Ângulos de *rolagem*, *inclinação* e *direção* (RPY), sendo que os ângulos estão em radianos. A matriz de rotação RPY (rotação X, Y', Z'') é fornecida por:

$$R_{rpy}(\gamma, \beta, \alpha) = R_Z(\alpha) \cdot R_Y(\beta) \cdot R_X(\gamma)$$

- **RPY [°]** Ângulos de *rolagem*, *inclinação* e *direção* (RPY), sendo que os ângulos estão em graus.

Os valores podem ser editados clicando na coordenada. Clicando nos botões + ou -, à direita de uma caixa, permite somar ou subtrair um valor do valor atual. Pressionar e manter um botão pressionado aumentará/reduzirá o valor diretamente. Quando mais tempo o botão estiver pressionado, maior o aumento/redução.

Posições da articulação

Permite que as posições de articulações individuais sejam especificadas. Cada posição da articulação pode exibir um valor no intervalo de -360° a $+360^\circ$, que são os *limites da articulação*. Os valores podem ser editados clicando na posição da articulação. Clicando nos botões + ou -, à direita de uma caixa, permite somar ou subtrair um valor do valor atual. Pressionar e manter um botão pressionado aumentará/reduzirá o valor diretamente. Quando mais tempo o botão estiver pressionado, maior o aumento/redução.

Botão OK

Se essa tela tiver sido ativada a partir da guia *Mover* (consulte 13.1), clicar no botão OK retornará à guia *Mover*, onde o braço do robô se moverá para o destino especificado. Se o último valor especificado for uma coordenada de ferramenta, o braço do robô se moverá para a última posição usando o tipo de *Movimento L*, enquanto que o braço do robô se moverá para a posição de destino usando o tipo de *Movimento J*, se uma posição de junção tiver sido especificada por último. Os diferentes tipos de movimento são descritos em 14.4.

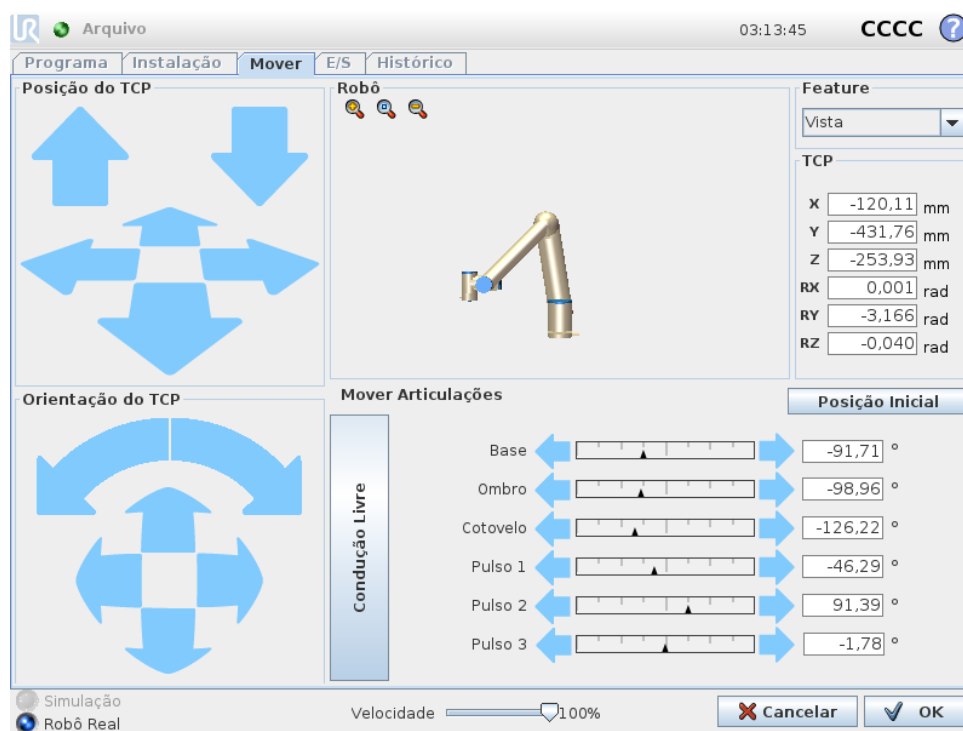
Botão Cancelar

Clicar no botão *Cancelar* sai da tela descartando todas as alterações.

13 Controle do robô

13.1 Guia Mover

Nessa tela, sempre é possível mover (deslocar) o braço do robô diretamente, transferindo/girando a ferramenta do robô ou movendo as articulações do robô individualmente.



13.1.1 Robô

A posição atual do braço do robô é mostrada nos gráficos 3D. Pressione os ícones de lupa para aumentar/reduzir o zoom ou arraste o dedo para alterar a visualização. Para obter a melhor sensação de controle do braço do robô, selecione o recurso **Visualizar** e gire o ângulo de visualização do desenho 3D para que corresponder à sua visualização do braço do robô real.

Se a posição atual do TCP do robô se aproximar de um plano de segurança ou de acionamento, ou a orientação da ferramenta do robô estiver perto do limite de orientação da ferramenta (veja 10.12), uma representação 3D do limite aproximado será exibida. Observe que quando o robô está executando um programa, a visualização dos limites de fronteira será desativada.

Os planos de segurança são visualizados em amarelo e preto, com uma pequena seta que representa o plano normal, que indica a lateral do plano no qual o TCP do robô pode ser posicionado. Os planos de acionamento são exibidos em azul e verde e uma seta pequena aponta na direção do plano lateral, onde os limites do modo **Normal** estão ativos (veja 10.6). O limite de orientação da ferramenta é visualizado com um cone esférico junto a um vetor que indica a orientação corrente da ferramenta do robô. O interior do cone representa a área permitida para a orientação da ferramenta (vetor).

Quando o TCP do robô não estiver mais na proximidade do limite, a representação 3D desaparece. Se o TCP violar ou estiver a ponto de violar um limite, a visualização do limite fica vermelha.

13.1.2 Função e posição da ferramenta

Na parte superior direita da tela está o seletor de funções. Ele define a função em relação à qual controlar o braço do robô.

O nome do Ponto Central da Ferramenta (TCP) ativo é exibido abaixo do seletor de recurso. As caixas de texto mostram os valores completos de coordenadas do TCP em relação ao recurso selecionado. Para mais informações sobre a configuração de vários TCPs nomeados, (consulte 13.6).

Os valores podem ser editados manualmente clicando na coordenada ou na posição da articulação. Isso o levará à tela do editor de posição (consulte 12.2) na qual é possível especificar uma posição de destino e uma orientação para a ferramenta ou para as posições de destino das articulações.

13.1.3 Mover Ferramenta

- Manter uma seta de conversão (superior) pressionada moverá a ponta da ferramenta do robô na direção indicada.
- Manter uma seta de rotação (botão) pressionada alterará a orientação da ferramenta do robô na direção indicada. O ponto de rotação é o Ponto Central da Ferramenta (TCP, na sigla em inglês), ou seja, é o ponto na extremidade do braço do robô que fornece um ponto característico da ferramenta do robô. O TCP é exibido como uma pequena esfera azul.

Nota: Libere o botão para parar a movimentação a qualquer momento

13.1.4 Mover Articulações

Permite que articulações individuais sejam controladas diretamente. Cada articulação pode ser movida de -360° a $+360^\circ$, que são os *limites da articulação* ilustrados pela barra horizontal de cada articulação. Se uma articulação atingir seu limite, não poderá continuar o movimento. Se os limites de uma articulação forem configurados com um intervalo de posição diferente do padrão (consulte 10.11), o intervalo será indicado e vermelho, na barra horizontal.

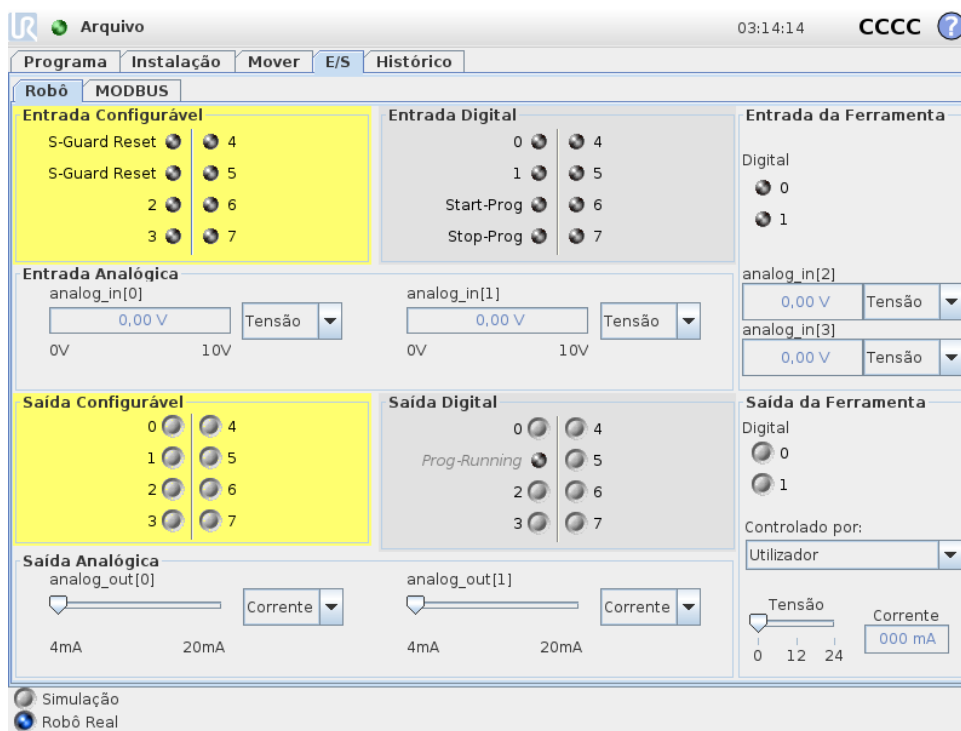
13.1.5 Condução Livre

Enquanto o botão *Condução Livre* estiver pressionado, será possível segurar o braço do robô fisicamente e arrastá-lo até o ponto desejado. Se a configuração da gravidade (consulte 13.7) na guia **Configuração** estiver errada ou se o braço do robô carregar uma carga pesada, o robô poderá começar a se mover (cair) quando o botão **Condução Livre** for pressionado. Nesse caso, simplesmente libere o botão **Condução Livre** novamente.

**ALERTA:**

1. Use as corretas configurações de instalação (por exemplo, ângulo de montagem do robô, peso no TCP, deslocamento do TCP). Salve e carregue os arquivos de instalação junto com o programa.
2. Certifique-se de que as configurações do TCP e da montagem do robô estejam corretas antes de operar o botão **Condução Livre**. Se essas configurações não estiverem corretas, o braço do robô se moverá quando o botão **Condução Livre** for ativado.
3. A função de Condução Livre (**Impedância/Operação Reversa**) só deve ser utilizada em instalações em que a avaliação de risco permite. As ferramentas e obstáculos não devem ter arestas afiadas nem pontos de esmagamento. Certifique-se de que todas as pessoas fiquem fora do alcance do braço do robô.

13.2 Guia E/S



Nessa tela, é possível monitorar e configurar os sinais de E/S ativos da/para caixa de controle do robô. A tela exibe o estado atual da E/S, inclusive durante a execução do programa. Se qualquer coisa for alterada durante a execução do programa, o programa será parado. Na parada do programa, todos os sinais de saída reterão seus estados. A tela é atualizada somente a 10Hz, portanto, um sinal muito rápido pode não ser exibido corretamente.

As E/S configuráveis podem ser reservadas para as configurações especiais de segurança definidas na seção de configuração de E/S da instalação (consulte 10.13); aquelas que estão reservadas terão o nome da função de segurança no lugar do padrão ou do nome definido pelo usuário. As saídas configuráveis reservadas para as configurações de segurança são exibidas apenas em LED e não são alternáveis.

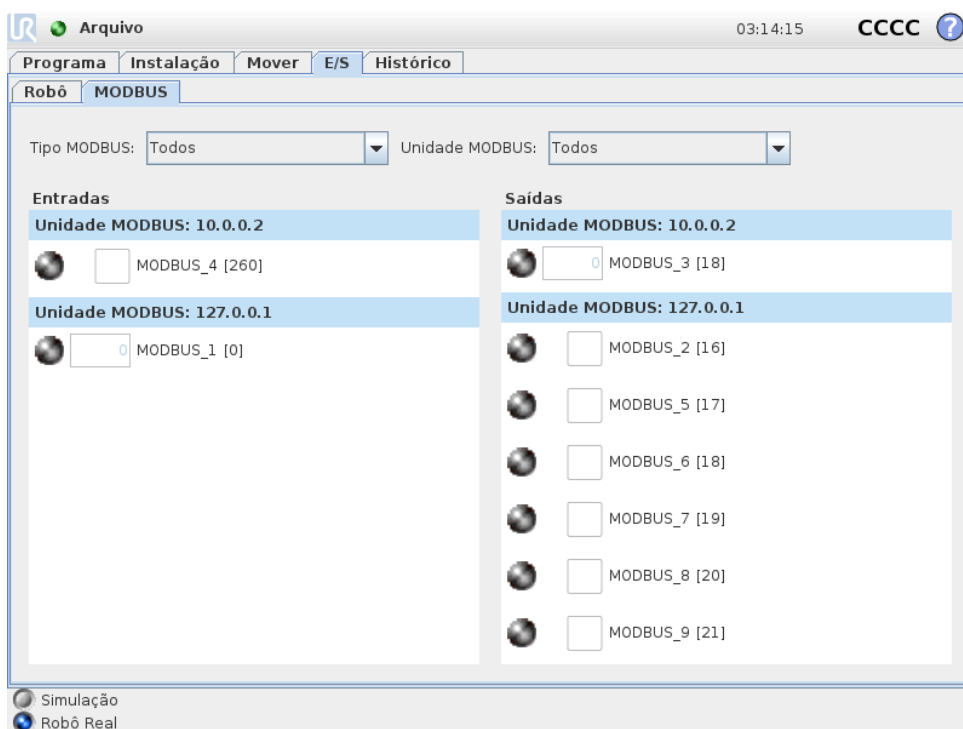
Os detalhes elétricos dos sinais são descritos no capítulo ??.

Voltagem Em Saída da Ferramenta, Tensão pode ser configurada somente quando a Saída da Ferramenta for controlada pelo Usuário. Selecionar um URCap remove o acesso à Tensão.

Configurações de Domínio Analógico As E/S analógicas podem ser configuradas para produzir corrente [4-20 mA] ou de tensão [0-10V]. As configurações serão lembradas para reinicializações posteriores eventuais do controlador do robô quando um programa for salvo. Selecionar um URCap, em Saída da Ferramenta, remova o acesso a Configurações de Domínio para Entradas da Ferramenta analógicas.

13.3 MODBUS

A captura de tela abaixo mostra os sinais de E/S do cliente MODBUS como eles são configurados na instalação. Utilizando os menus suspensos na parte superior da tela, você pode alterar o conteúdo com base no tipo de sinal de unidade e MODBUS se mais de um estiver configurado. Cada sinal nas listas contém o status da sua conexão, valor, nome e endereço do sinal. Os sinais de saída podem ser mudados se o status da conexão e a escolha para o controle da guia E/S permitirem isso (consulte 13.8).



13.4 Guia Movimento Automático

A guia Movimento Automático é usada quando o braço do robô precisa se mover para uma posição específica em seu espaço de trabalho. Por exemplo, quando o braço do robô tem que se mover até a posição inicial de um programa antes de executá-lo, ou quando se desloca para um ponto de referência ao modificar um programa.



Animação

A animação mostra o movimento que o braço do robô está prestes a realizar.



CUIDADO:

Compare a animação com a posição real do braço do robô e certifique-se de que o braço do robô pode realizar com segurança o movimento sem bater nos obstáculos.



CUIDADO:

A função automotiva move-se ao longo do robô, ao longo da trajetória da sombra. A colisão pode danificar o robô ou outro equipamento.

Automático

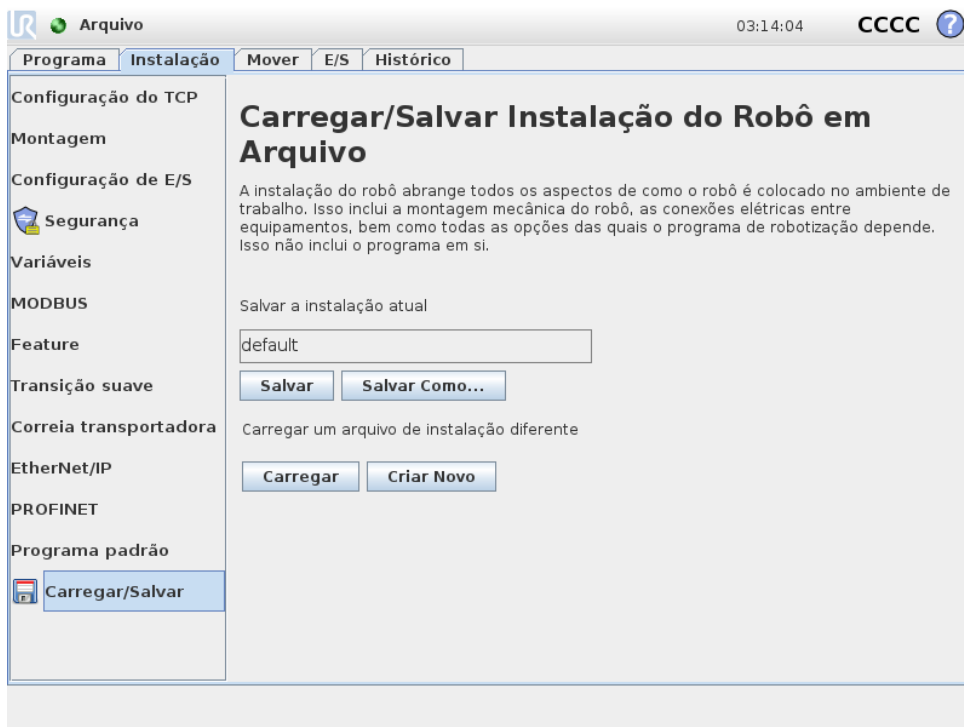
Mantenha o botão **Automático** pressionado para mover o robô conforme mostrado na animação.

Nota: Libere o botão para parar a movimentação a qualquer momento.

Manual

Pressionar o botão **Manual** o levará à guia **Mover**, onde o braço do robô pode ser movido manualmente. Isso é necessário somente se o movimento na animação não for o preferencial.

13.5 Instalação → Carregar/Salvar



A instalação do robô abrange todos os aspectos de como o braço do robô e caixa de controle são colocados no ambiente de trabalho. Isso inclui a montagem mecânica do braço de robô, as conexões elétricas entre equipamentos, bem como todas as opções das quais o programa de robotização depende. Isso não inclui o programa em si.

Essas configurações podem ser configuradas usando as várias telas na guia **Instalação**, exceto os domínios de E/S, que são configurados na guia **E/S** (veja 13.2).

É possível ter mais de um arquivo de instalação do robô. Programas criados usarão a instalação ativa e carregarão essa instalação automaticamente quando usados.

Quaisquer alterações em uma instalação precisam ser salvas para serem preservadas após desligamento da energia. Se houver alterações não salvas na instalação, um ícone de disquete será exibido ao lado do texto **Carregar/Salvar**, no lado esquerdo da guia **Instalação**.

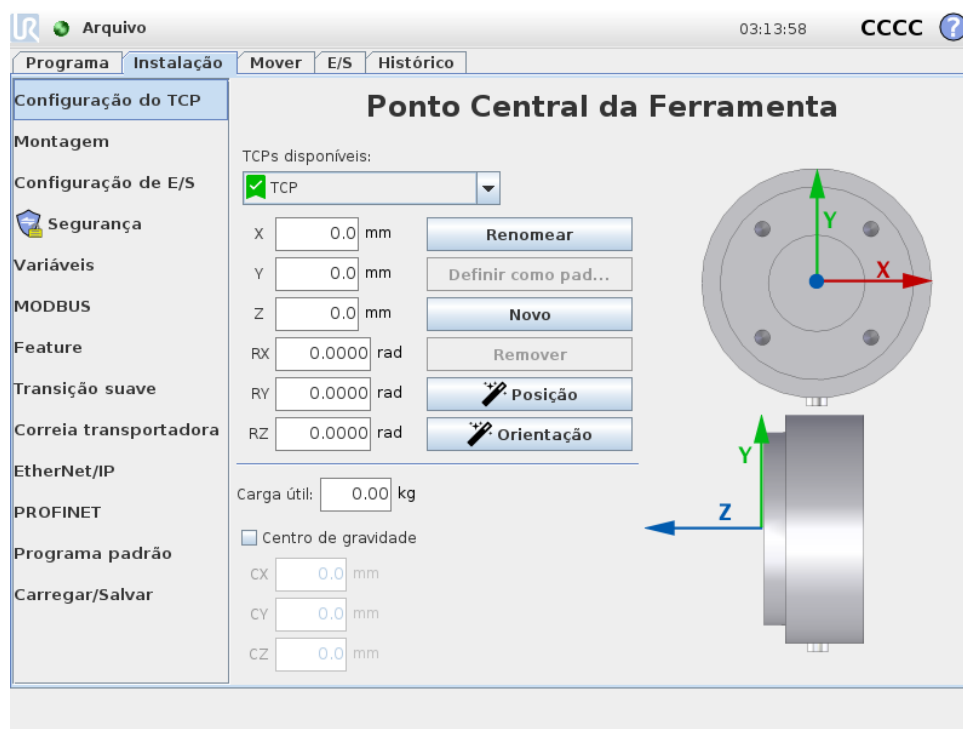
Para salvar uma instalação, é preciso pressionar o botão **Salvar** ou **Salvar Como...**. Outra maneira de fazer isso seria salvar o programa, pois a instalação ativa também seria salva. Para carregar um arquivo de instalação diferente, use o botão **Carregar**. O botão **Criar Novo** redefine todas as configurações da Instalação do robô para as definições de fábrica.

**CUIDADO:**

Utilizar o robô com uma instalação carregada a partir de uma unidade USB não é recomendado. Para usar a instalação armazenada em uma unidade USB, primeiramente carregue a instalação e então salve em uma pasta local de **programas** usando o botão **Salvar Como...**

13.6 Instalação → Configuração do TCP

Um **Ponto Central da Ferramenta (TCP)** é um ponto na ferramenta do robô. Cada TCP contém uma translação e uma rotação com relação ao centro do flange da saída da ferramenta. Quando programado para voltar para um ponto de rota previamente armazenado, um robô move o TCP de acordo com a posição e orientação salvadas no ponto de rota. Quando programado para movimento linear, o TCP se move de forma linear.



Posição

As coordenadas X , Y , Z especificam a posição TCP. Quando todos os valores (incluindo orientação) forem zero, o TCP coincide com o ponto central no flange de saída da ferramenta e adota o sistema de coordenadas mostrado na tela.

Orientação

As caixas de coordenadas RX , RY , RZ especificam a orientação TCP. Semelhantemente à Guia Mover, use o menu suspenso Unidades acima das caixas RX , RY , RZ para selecionar as coordenadas de orientação (ver 12.2).

13.6.1 Adição, renomeação, modificação e remoção de TCPs

Toque no botão **Novo** para definir um novo TCP. O TCP criado recebe automaticamente um nome exclusivo e fica selecionável a partir do menu suspenso. Para renomear uma TCP, toque no botão **Renomear**. Para remover a TCP selecionada, toque no botão **Remover**. Não é possível remover a última TCP.

A translação e rotação de um TCP selecionado pode ser modificado inserindo-se novos valores nos campos.

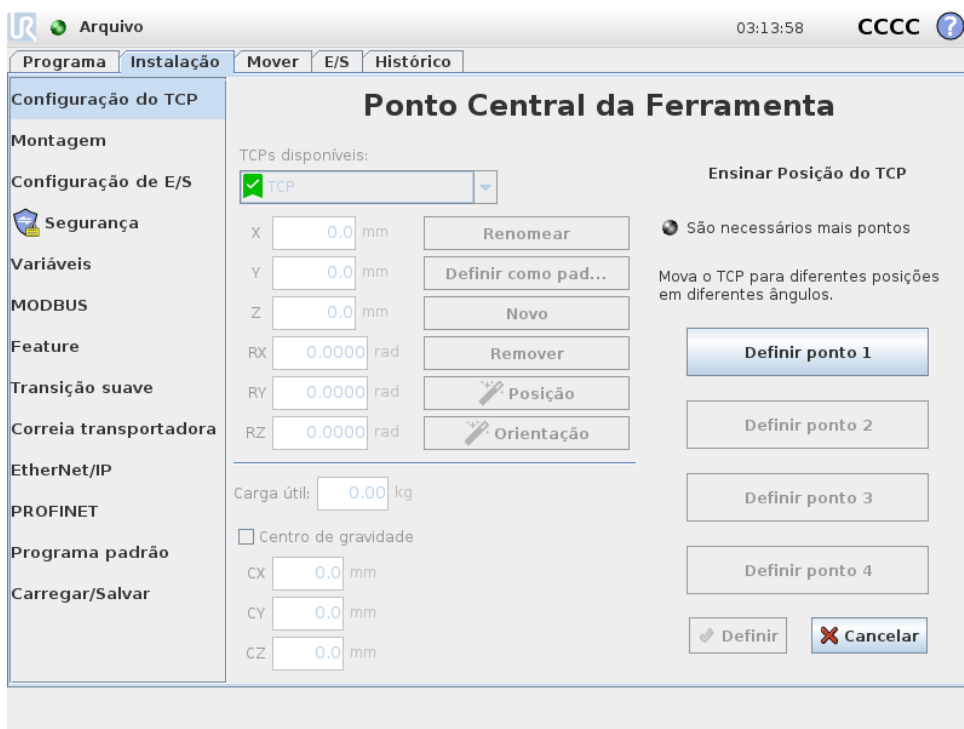
13.6.2 TCP Ativo

Ao mover linearmente, o robô sempre usa o TCP ativo para determinar o desvio TCP. O TCP ativo pode ser alterado usando-se um comando Mover (ver 14.4) ou um comando Definir.

13.6.3 TCP padrão

O TCP padrão deve ser definido como o TCP ativo antes de se executar um programa. Selecione o TCP desejado e toque em **Definir como padrão** para definir um TCP como padrão. O ícone verde no menu suspenso disponível indica o TCP configurado padrão.

13.6.4 Ensinando posição do TCP



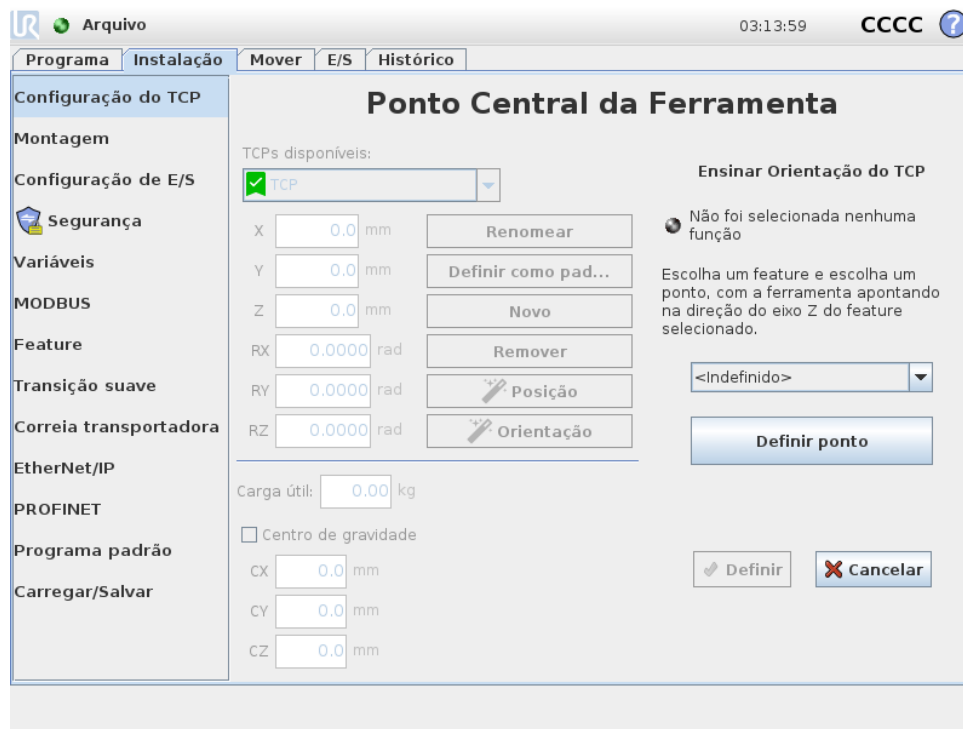
As coordenadas de posição do TCP podem ser calculadas automaticamente desta forma:

1. Toque no **Assistente de Posição TCP**.
2. Escolha um ponto fixo na área de trabalho do robô.
3. Use as setas posicionais no lado direito da tela para mover o TCP de pelo menos três ângulos diferentes e para salvar as posições correspondentes do flange de saída da ferramenta.

- Use o botão **Definir** para aplicar as coordenadas verificadas ao TCP apropriado. Para que o cálculo funcione corretamente, é necessário haver diversidade suficiente nas posições. Se não houver diversidade suficiente, o LED de status acima dos botões fica vermelho.

Embora três posições sejam o suficiente para determinar o TCP, uma quarta posição serve para verificar melhor se o cálculo está correto. A qualidade de cada ponto salvo com relação ao TCP calculado é indicada usando um LED verde, amarelo ou vermelho no respectivo botão.

13.6.5 Atingindo a orientação do TCP



- Toque no **Assistente de orientação TCP**.
- Selecione um recurso na lista suspensa. (Veja 13.12) para mais informação sobre definir novos recursos
- Toque em **Selecionar Ponto** e use as setas **Mover Ferramenta** para mover para uma posição onde a orientação da ferramenta e o TCP correspondente coincidem com o sistema de coordenadas dos recursos selecionados.
- Verifique a orientação TCP selecionada e aplique a orientação ao TCP selecionado, tocando no botão **Definir**.

13.6.6 Carga útil

O peso da ferramenta do robô é especificado na parte inferior da tela. Para alterar esta configuração, basta tocar no campo de texto branco e inserir um novo peso. Esta configuração aplica-se a todos os TCPs definidos. Para obter detalhes sobre a carga útil máxima permitida, consulte o Manual de Instalação do Hardware.

13.6.7 Centro de gravidade

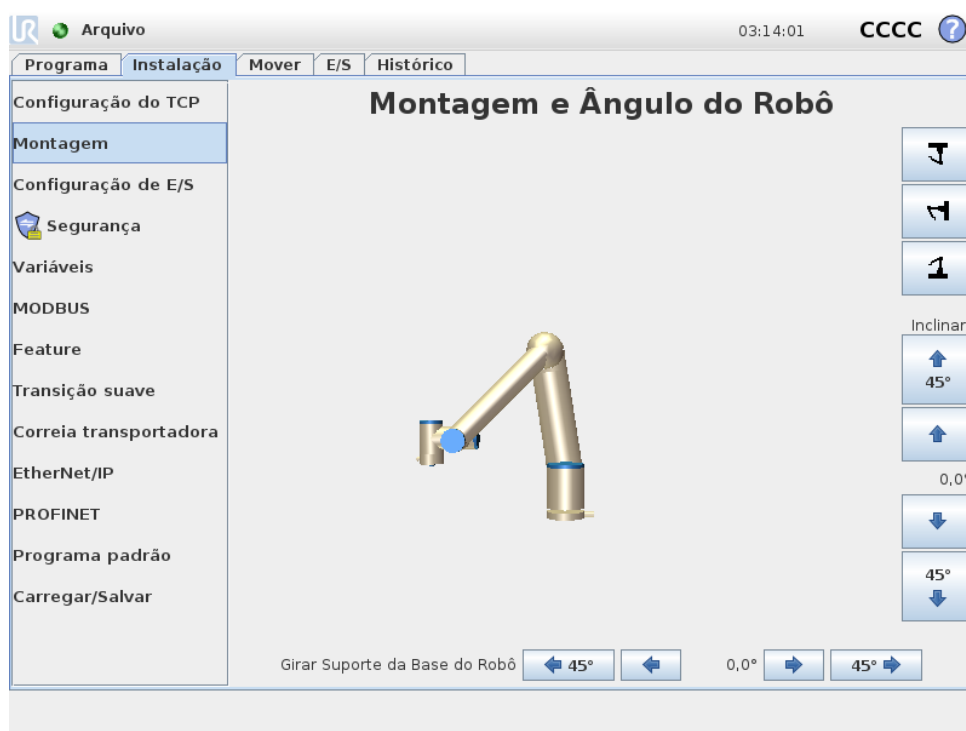
O centro de gravidade da ferramenta é especificado usando os campos CX, CY e CZ. As configurações se aplicam a todos os TCPs definidos. Instalações criadas antes da versão 3.8 suportam o centro

de gravidade que é definido para o TCP se ele foi previamente definido. Se o centro de gravidade for definido manualmente, nas versões 3.8 ou superior, a capacidade de definir o centro de gravidade para a TCP é permanentemente removida.


ALERTA:

Use as configurações de instalação corretas. Salve e carregue os arquivos de instalação junto com o programa.

13.7 Instalação → Montagem



Especificar a montagem do Braço do Robô serve dois propósitos:

1. Fazer o Braço do Robô aparecer corretamente na tela.
2. Informar ao controlador sobre a direção da gravidade.

Um modelo de dinâmica avançado permite que o Braço do Robô efetue movimentos suaves e precisos, permitindo também que o Braço do Robô se mantenha em modo **Condução Livre**. Por essa razão, é importante que a montagem do robô seja feita corretamente.


ALERTA:

Se a montagem do braço do robô não for feita corretamente, o robô poderá apresentar paradas de segurança frequentes e/ou o braço do robô poderá se mover quando o botão **Condução Livre** estiver pressionado.

Se o Braço do Robô estiver montado sobre uma mesa plana ou no chão, então não será necessário fazer nenhuma mudança nesta tela. No entanto, se o braço do robô estiver **montado no teto, na parede ou a um ângulo**, ele precisa ser ajustado por meio dos botões.

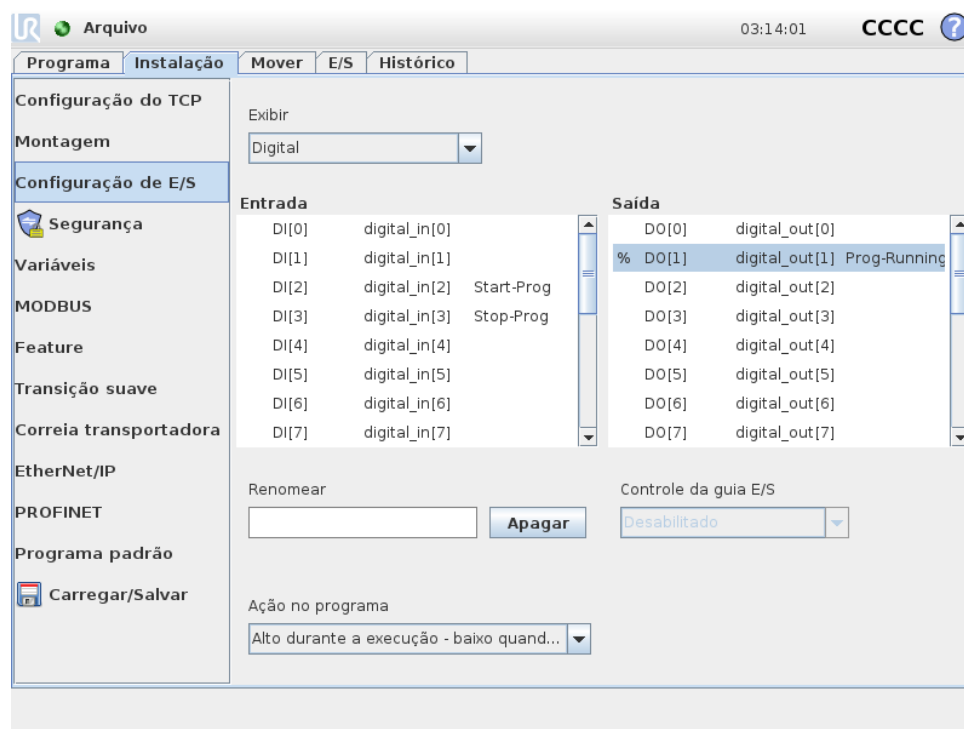
Os botões do lado direito da tela servem para configurar o ângulo de montagem do Braço do Robô. Os três botões no lado superior direito definem o ângulo do **teto** (180°), da **parede** (90°), do **chão** (0°). Os botões **Inclinação** definem um ângulo arbitrário.

Os botões na parte inferior da tela são usados para girar a montagem do Braço do Robô para corresponder à montagem real.

**ALERTA:**

Use as configurações de instalação corretas. Salve e carregue os arquivos de instalação junto com o programa.

13.8 Instalação → Configuração de E/S



Na tela Configuração de E/S, os usuários podem definir sinais de E/S e configurar ações com o controle de guia E/S.

As seções de **Entrada** e **Saída** listam os tipos de sinais E/S como:

- Digital padrão de uso geral, configurável e ferramenta
- Analógico padrão de uso geral e ferramenta
- MODBUS
- Registos de propósito geral (booleano, integral e flutuação) Os registros de uso geral podem ser acessados por um fieldbus (como Profinet e EtherNet/IP).

13.8.1 Tipo de sinal E/S

Para limitar o número de sinais listados nas seções de **Entrada** e **Saída**, use o menu suspenso **Visualização** na parte superior da tela para alterar o conteúdo exibido com base no tipo de sinal.

13.8.2 Atribuição de nomes definidos pelo usuário

Para se lembrarem facilmente do que os sinais fazem enquanto trabalham com o robô, os usuários podem associar nomes para sinais de Entrada e Saída.

1. Selecione o sinal desejado
2. Toque no campo de texto na parte inferior da tela para definir o nome.
3. Para repor o nome padrão, toque em **Limpar**.

Um registro de uso geral deve ter um nome definido pelo usuário para este estar disponível no programa (por exemplo, para um comando de **Espera** ou expressão condicional de um comando **Se**) Os comandos **Espera** e **Se** são descritos em (14.10) e (14.17), respectivamente. Registros de uso geral nomeados podem ser encontrados no seletor de **Entrada** ou **Saída** na tela do **Editor de Expressão**.

13.8.3 Ações E/S e Controle de Guia E/S

Ações de entrada e saída: E/S digitais Fieldbus e Físicas podem ser utilizadas para desencadear ações ou reagir ao status de um programa.

Ações de entrada disponíveis:

- **Início:** inicia ou retoma o programa atual em uma borda ascendente.
- **Parada:** Para o programa atual em uma borda ascendente.
- **Pausa:** Pausa o programa atual em uma borda ascendente.
- **Condução Livre:** Quando a entrada for alta, o robô está em condução livre (semelhante ao botão de condução livre). A entrada é ignorada se um programa estiver correndo ou se outras condições não permitirem a condução livre.



ALERTA:

Se o robô é parado durante o uso da ação de entrada **Iniciar**, o robô se move lentamente para o primeiro ponto de rota do programa antes de executar esse programa. Se o robô é pausado durante o uso da ação de entrada **Iniciar**, o robô se move lentamente para a posição de onde foi pausado antes de resumir esse programa.

Ações de saída disponíveis:

- **Baixo quando não estiver em execução:** A saída é baixa quando o estado do programa é "parado" ou "em pausa".
- **Alto quando não estiver em execução:** A saída é alta quando o estado do programa é "parado" ou "em pausa".
- **Alto, quando estiver em execução - baixo quando parar:** A saída é baixa quando o estado do programa é "parado" ou "em pausa" e alta quando estiver em execução.

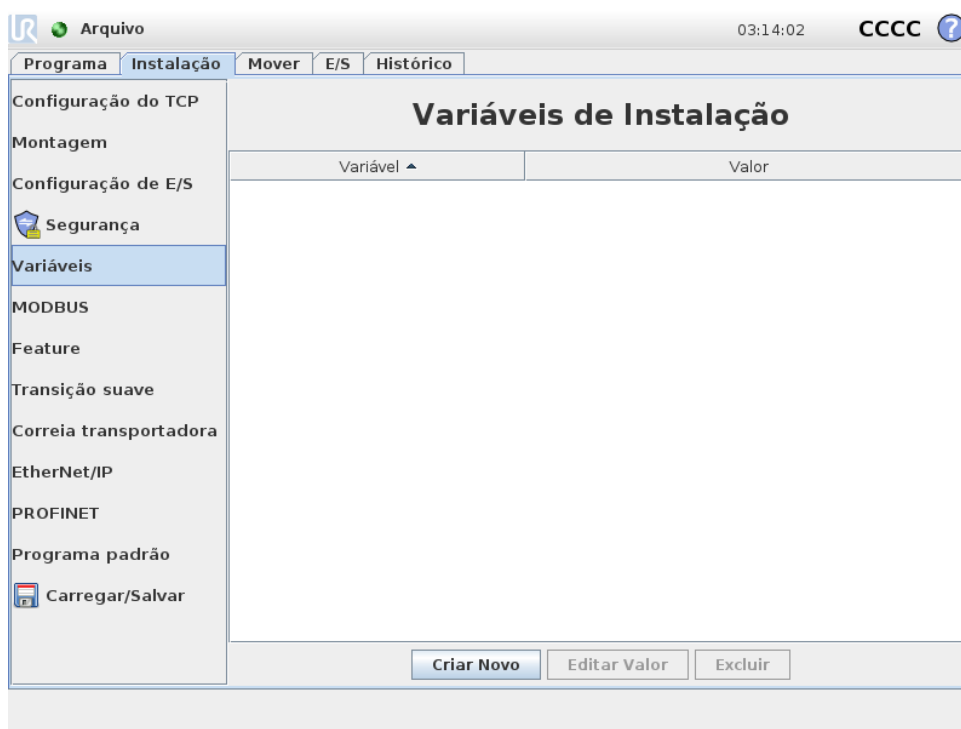
- **Impulso Contínuo:** A saída alterna entre alta e baixa para um número especificado de segundos, enquanto o programa estiver em execução. Pause ou para o programa para manter o estado do impulso.

Controle da guia E/S: Especifica se uma saída pode ser controlada na guia de E/S (por programadores ou por operadores e programadores) ou se é controlada pelos programas do robô.

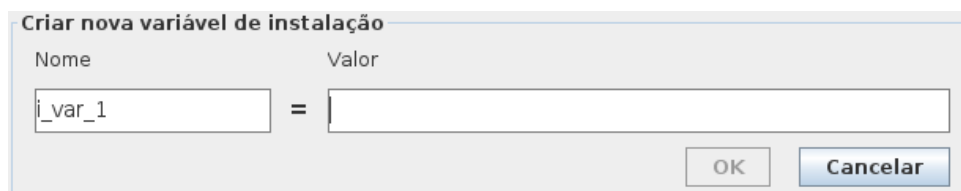
13.9 Instalação → Segurança

Consulte o capítulo 10.

13.10 Variáveis de → Instalação



As variáveis criadas na tela Variáveis são chamadas de Variáveis de Instalação e são usadas como variáveis normais do programa. As Variáveis de Instalação são especiais porque elas mantêm o seu valor, mesmo que um programa seja interrompido e iniciado novamente e quando o braço do robô e/ou Caixa de Controle são desligados e ligados novamente. Os nomes e os valores são armazenados com a instalação, de modo que é possível usar a mesma variável em vários programas.



Pressionar **Criar Novo** faz aparecer um painel com um nome sugerido para a nova variável. O nome pode ser alterado e seu valor inserido tocando qualquer dos campos. O botão **OK** somente poderá ser tocado se o novo nome não for já utilizado nesta instalação.

É possível alterar o valor de uma variável de instalação destacando a variável na lista e, em seguida, clicando em **Editar Valor**.

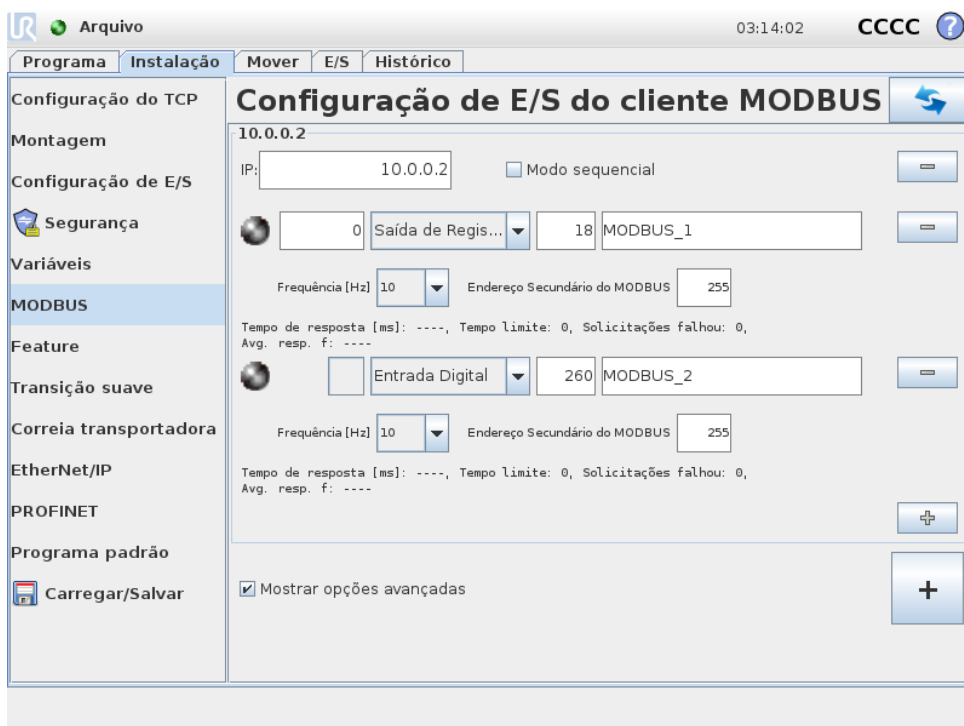
Para excluir uma variável, selecione-a e toque em **Excluir**.

Após configurar as variáveis de instalação, a própria instalação deve ser salva para manter a configuração.

As variáveis de instalação e seus valores são automaticamente salvos a cada 10 minutos.

Se um programa ou uma instalação for carregado e uma ou mais variáveis do programa tiverem o mesmo nome que as variáveis de instalação, o usuário terá opções para resolver o problema: usar as variáveis de instalação do mesmo nome em vez da variável do programa, ou aceitar que as variáveis sejam renomeadas automaticamente.

13.11 Instalação → Configuração de E/S do cliente MODBUS



Aqui, os sinais do cliente (mestre) MODBUS podem ser configurados. Conexões com servidores (ou escravos) MODBUS nos endereços IP especificados podem ser criadas com sinais de entrada/saída (registros ou digitais). Cada sinal tem um nome exclusivo para que possa ser usado em programas.

Atualizar

Pressione esse botão para atualizar todas as conexões MODBUS. Atualizar desconecta todas as unidades modbus, e os conecta novamente. Todas as estatísticas são apagadas.

Adicionar unidade

Pressione esse botão para adicionar uma nova unidade MODBUS.

Excluir unidade

Pressione esse botão para excluir a unidade MODBUS e todos os sinais dessa unidade.

Definir IP da unidade

Aqui, o endereço IP da unidade MODBUS é mostrado. Pressione o botão para alterá-lo.

Modo sequencial

Disponível apenas quando Mostrar Opções Avançadas (consulte 13.11) estiver selecionada. Selecionar esta caixa de seleção força o cliente modbus a aguardar uma resposta antes de enviar a próxima solicitação. Este modo é exigido por algumas unidades fieldbus. Ativar esta opção pode ajudar quando houver vários sinais, e aumentar a frequência de solicitação resulta em desconexão dos sinais. Observe que a frequência de sinal real pode ser inferior ao solicitado quando vários sinais são definidos no modo sequencial. A frequência de sinal real pode ser observada nas estatísticas do sinal (consulte a seção 13.11). O indicador de sinal ficará amarelo se a frequência de sinal real for menos da metade do valor selecionado a partir da lista suspensa “Frequência”.

Adicionar sinal

Pressione esse botão para adicionar um sinal à unidade MODBUS correspondente.

Excluir sinal

Pressione esse botão para excluir um sinal da unidade MODBUS correspondente.

Definir tipo de sinal

Use este menu suspenso para escolher o tipo de sinal. Tipos disponíveis são:

Entrada digital: Uma entrada digital (bobina) é uma quantidade de um bit que é lida da unidade MODBUS na bobina especificada no campo de endereço do sinal. O código de função 0x02 (Ler Entradas Discretas) é usado.

Saída digital: Uma saída digital (bobina) é uma quantidade de um bit que pode ser configurada para alta ou baixa. Antes de o valor dessa saída ter sido configurado pelo usuário, o valor será lido a partir da unidade remota MODBUS. Isso significa que o código de função 0x01 (Ler Bobinas) será usado. Quando a saída tiver sido configurada por um programa do robô ou quando o botão **definir valor do sinal** for pressionado, o código de função 0x05 (Gravar Bobina Simples) será usado a partir de então.

Entrada de registro: Uma entrada de registro é uma quantidade de 16 bits lida do endereço especificado no campo de endereço. O código de função 0x04 (Ler Registros de Entrada) é usado.

Saída de registro: Uma saída de registro é uma quantidade de 16 bits que pode ser definida pelo usuário. Antes de o valor do registro ter sido definido, o valor será lido da unidade remota MODBUS. Isso significa que o código de função 0x03 (Ler Registros de Retenção) é usado. Quando a saída tiver sido definida por um programa do robô ou quando um valor de sinal no campo **definir valor do sinal** for especificado, o código de função 0x06 (Gravar Registro Único) será usado para definir o valor na unidade remota MODBUS.

Definir endereço do sinal

Esse campo mostra o endereço no servidor remoto MODBUS. Use o teclado numérico na tela para escolher um endereço diferente. Endereços válidos dependem do fabricante e da configuração da unidade remota MODBUS.

Definir nome do sinal

Usando o teclado na tela, o usuário pode fornecer um nome ao sinal. Esse nome será usado quando o sinal for usado em programas.

Valor do sinal

Aqui, o valor atual do sinal é mostrado. Para sinais de registro, o valor é expresso como um número inteiro não designado. Para sinais de saída, o valor do sinal desejado pode ser definido usando o botão. Novamente, para uma saída de registro, o valor para gravar na unidade deve ser fornecido como um número inteiro sem sinal.

Status de conectividade do sinal

Esse ícone mostra se o sinal pode ser lido/gravado devidamente (verde) ou se a unidade responde de forma inesperada ou não pode ser contatada (cinza). Se uma resposta de exceção MODBUS for recebida, o código de resposta será exibido. As respostas de Exceção MODBUS-TCP são:

- E1: FUNÇÃO ILEGAL (0x01) O código de função recebido na consulta não é uma ação permitida para o servidor (ou escravo).
- E2: ENDEREÇO DE DADOS ILEGAL (0x02) O código de função recebido na consulta não é uma ação permitida para o servidor (ou escravo), verifique se o endereço do sinal inserido corresponde à configuração do servidor MODBUS remoto.
- E3: VALOR DE DADOS ILEGAL (0x03) Um valor contido no campo de dados de consulta não é um valor permitido para o servidor (escravo), verifique se o valor do sinal inserido é válido para o endereço especificado no servidor MODBUS remoto.
- E4: FALHA DE DISPOSITIVO ESCRAVO (0x04) Ocorreu um erro irreversível enquanto o servidor (ou escravo) estava tentando executar a ação solicitada.
- E5: RECONHECIMENTO (0x05) Uso especializado em conjunto com comandos de programação enviados à unidade MODBUS remota.
- E6: DISPOSITIVO ESCRAVO OCUPADO (0x06) Uso especializado em conjunto com comandos de programação enviados à unidade remota MODBUS, o escravo (servidor) não pode responder agora.

Mostrar Opções Avançadas

Esta caixa de seleção mostra/oculta as opções avançadas para cada sinal.

Opções Avançadas

Frequência de Atualização: Esse menu pode ser usado para alterar a frequência de atualização do sinal. Isso representa a frequência com a qual as solicitações são enviadas à unidade MODBUS remota para leitura ou gravação do valor do sinal. Quando a frequência for definida

em 0, então as solicitações de modbus serão iniciadas sob demanda utilizando funções de script `modbus_get_signal_status`, `modbus_set_output_register`, e `modbus_set_output_signal`.

Endereço do Escravo: Esse campo de texto pode ser usado para definir um endereço de escravo específico para as solicitações correspondentes a um sinal específico. O valor deve estar na faixa de 0-255, ambos incluídos, e o padrão é 255. Se esse valor for alterado, recomenda-se consultar o manual do dispositivo MODBUS remoto para verificar sua funcionalidade ao alterar o endereço do escravo.

Reconectar contagem: Número de vezes que a conexão TCP foi fechada e conectada novamente.

Status da conexão: Status de conexão do TCP.

Tempo de resposta [ms:] Tempo entre a solicitação de modbus enviada e a resposta recebida - este é atualizado apenas quando a comunicação estiver ativa.

Erros do pacote Modbus: Número de pacotes recebidos que continham erros (isto é, comprimento inválido, falta de dados, erro de soquete TCP).

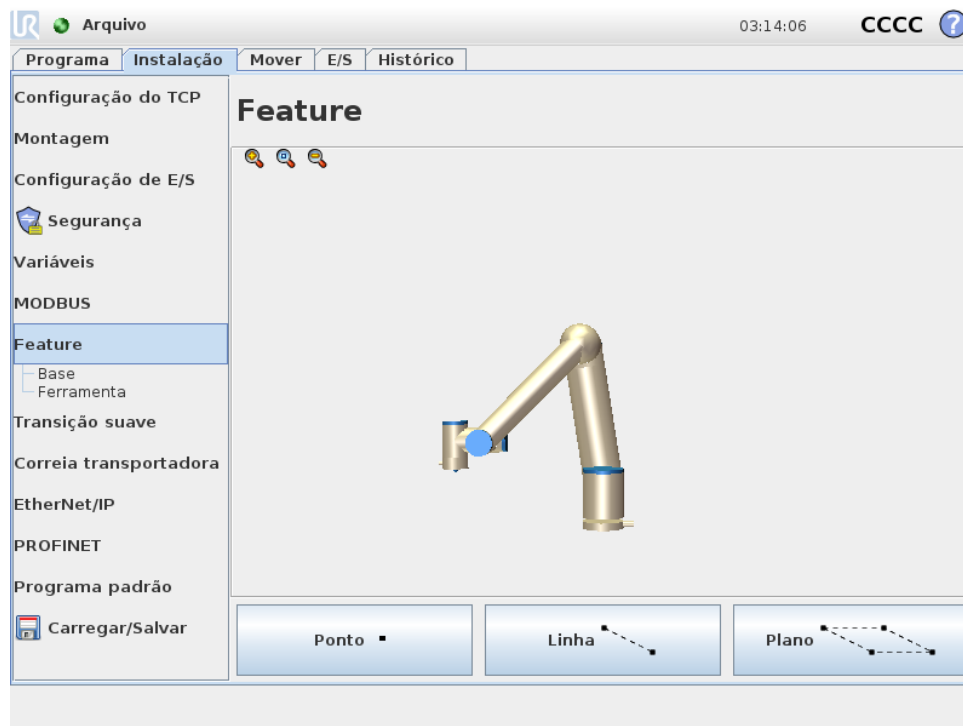
Tempo limite: Número de solicitações de modbus que não obtiveram resposta.

Solicitações falhou: Número de pacotes que não puderam ser enviados devido ao status de soquete inválido.

Freq. real.: A frequência média de atualizações de status do sinal cliente (mestre). Este valor é recalculado a cada vez que o sinal recebe uma resposta do servidor (ou escravo).

Todos os contadores contam até 65535 e, em seguida, voltam para 0.

13.12 Funções → da Instalação



O **Recurso** é uma representação de um objeto que foi definida com um nome para referência futura e uma pose de seis dimensões (posição e orientação) em relação à base do robô.

Algumas subpartes de um programa de robô são compostas por movimentos que devem ser executados em relação a objetos específicos que não a base do Braço do Robô. Estes objetos podem ser mesas, outras máquinas, peças, transportadores, paletes, sistemas de visão, espaços em branco ou fronteiras que existem nos arredores do Braço do Robô. Existem sempre dois recursos predefinidos para o robô. Cada recurso tem a sua pose definida pela configuração do próprio Braço do Robô:

- O Recurso Base está localizado com origem no centro da base do robô (consultar a figura 13.1)
- O Recurso Ferramenta está localizado com origem no centro do TCP atual (consultar a figura 13.2)

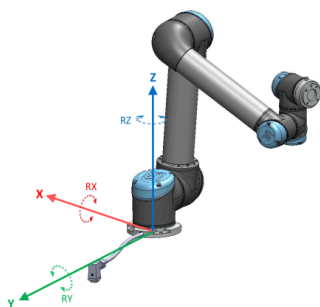


Figura 13.1: Recurso de base

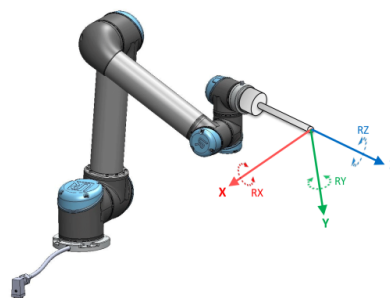


Figura 13.2: Recurso de Ferramenta (TCP)

Os recursos definidos por usuários são posicionados usando um método que usa a pose atual do TCP na área de trabalho. Isso significa que o usuário pode ensinar locais de recursos usando por exemplo o modo Condução Livre ou fazendo movimentos curtos para deslocar o robô para a pose desejada.

Existem três estratégias diferentes (**Ponto**, **Linha** e **Plano**) para definir uma pose de recurso. A melhor estratégia para uma determinada aplicação depende do tipo de objeto que é usado e das exigências de precisão. Em geral, é preferido um recurso que tem por base mais pontos de entrada (**Linha** e **Plano**) caso seja aplicável ao objeto específico.

Para definir com precisão a direção de um transportador linear, defina dois pontos de um recurso Linha com o máximo de separação física possível. O recurso Ponto pode também ser usado para definir um transportador linear. Porém, o usuário tem que apontar o TCP na direção do movimento do transportador.

Usar mais pontos para definir a pose de, por exemplo, uma mesa, significa que a orientação é baseada nas posições em vez da orientação de um único TCP. Uma única orientação TCP é geralmente mais difícil de configurar com alta precisão.

Para saber mais sobre os diferentes métodos para definir um recurso, consulte (seções: 13.12.2), (13.12.3) e (13.12.4).

13.12.1 Usando um recurso

Quando uma função é definida na instalação, você pode referir-se a ela a partir do programa do robô para relacionar os movimentos do robô (por ex., comandos **MoveL** e **MoveP**) para o recurso (ver seção 14.4). Isso permite a fácil adaptação de um programa do robô (por

exemplo, quando existem várias estações de robô, quando um objeto é dinamicamente movido durante a execução do programa ou quando um objeto é movido permanentemente na cena). Ao ajustar o recurso de um objeto, todos os movimentos do programa relativos ao objeto são movimentados de acordo. Para mais exemplos, veja (seções 13.12.5) e (13.12.6). Recursos configurados como móveis também são ferramentas úteis para mover manualmente o robô na guia Mover (seção 13.1) ou na tela do **Editor de Pose** (consultar 12.2). Quando um recurso é escolhido como uma referência, os botões da Ferramenta Mover para translações e rotações vão operar no espaço de recurso selecionado (consulte 13.1.2) e (13.1.3), leitura das coordenadas TCP. Por exemplo, se uma mesa está definida como recurso e é escolhida como uma referência na Guia Mover, as setas de translação (ou seja, cima/baixo, esquerda/direita, frente/trás) movem o robô nestes direções relativamente à mesa. Adicionalmente, as coordenadas TCP estarão no quadro da mesa.

Renomear

Este botão renomeia um recurso.

Excluir

Este botão exclui um recurso selecionado e, caso existam, todos os seus sub-recursos.

Mostrar Eixos

Escolha se os eixos de coordenadas do recurso selecionado devem ser visíveis em gráficos 3D. A opção se aplica nessa tela e na tela Mover.

Alterar o ponto

Use o botão **Alterar este ponto** para definir ou alterar o recurso selecionado. A guia **Mover** (seção 13.1) será exibida e uma nova posição do recurso pode ser definida.

Móvel

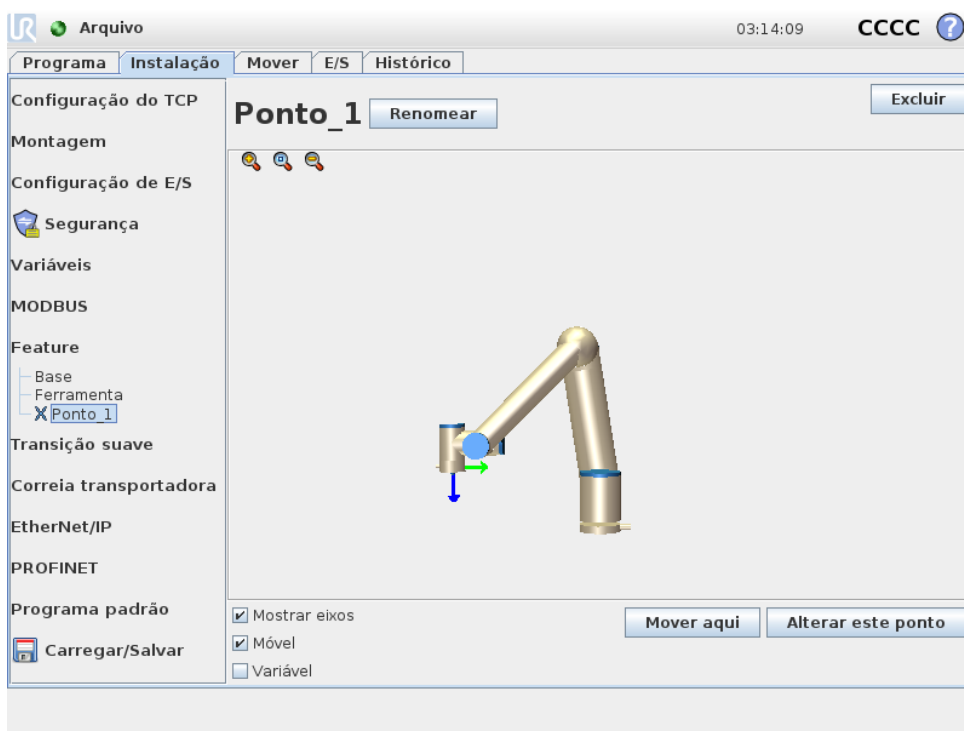
Escolha se o recurso selecionado deve ser móvel. Isso determina se o recurso aparecerá no menu de recursos na tela Mover.

Usar Mover o robô aqui

Aperte o botão **Mover o robô aqui** para mover o robô para a função selecionada. No final desse movimento, os sistemas de coordenadas do recurso e o TCP irão coincidir.

13.12.2 Novo Ponto

Aperte o botão **Ponto** para adicionar um recurso de ponto à instalação. O recurso de ponto define um limite de segurança ou uma configuração inicial global do Braço do Robô. A pose de um recurso de ponto é definida como a posição e a orientação do TCP.



13.12.3 Nova Linha

Pressione o botão **Linha** para adicionar um recurso de linha à instalação. O recurso de linha define linhas que o robô precisa de seguir. (por exemplo, quando realiza o acompanhamento da correia). Uma linha l é definida como um eixo entre dois recursos do ponto $p1$ e $p2$, como mostrado na figura 13.3.

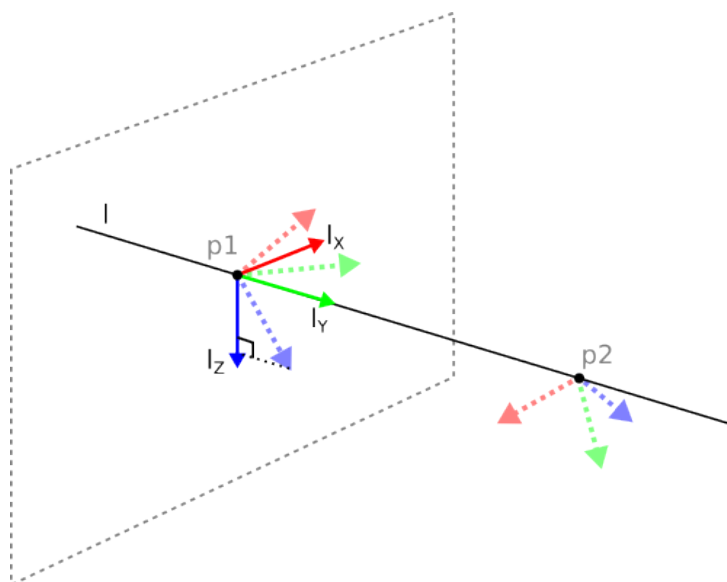
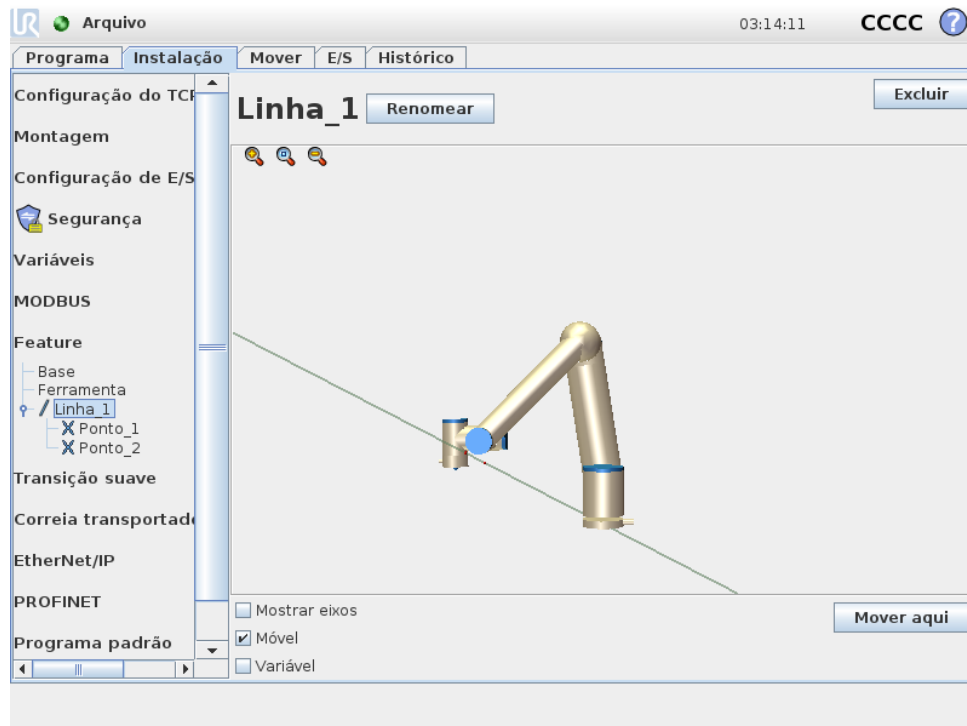


Figura 13.3: Definição do recurso de linha

Na figura 13.3, o eixo direcionado do primeiro ponto para o segundo ponto constituirá o eixo y do sistema de coordenadas da linha. O eixo z é definido pela projeção do eixo z de $p1$ sobre o plano perpendicular à linha. A posição da linha do sistema de coordenadas é a mesma que a posição de $p1$.



13.12.4 Recurso de Plano

Selecione o recurso de plano quando necessitar de uma estrutura com alta precisão, por exemplo ao trabalhar com um sistema de visão ou fazer movimentos em relação a uma mesa.

Adicionar um plano

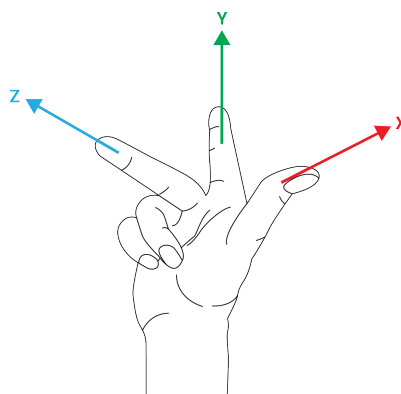
1. Em Instalação, selecione **Recursos**.
2. Em Recursos, selecione **Plano**.

Ensinando um plano

Quando apertar o botão plano para criar um plano novo, o guia na tela ajuda você na criação de um plano.

1. Selecione Origem
2. Mova o robô para definir a direção do eixo x positivo do plano
3. Mova o robô para definir a direção do eixo y positivo do plano

O plano é definido usando a regra da mão direita - assim o eixo z é o produto cruzado do eixo x e eixo y, como ilustrado abaixo.



NOTA:

Pode reensinar o plano na direção oposta do eixo x, se quer que o plano seja normal na direção oposta.

Modifique um plano existente ao selecionar Plano e apertar Modificar Plano. Para isso usará a mesma guia que usa para ensinar um novo plano.

13.12.5 Exemplo: Atualizar manualmente um recurso para ajustar um programa

Considere uma aplicação onde várias partes de um programa do robô são relativas a uma mesa. A figura 13.4 ilustra o movimento dos pontos de rota wp1 até wp4.

```
Programa do Robô
Movimento J
S1
Recurso Movimento L #: P1_var
wp1
wp2
wp3
wp4
```

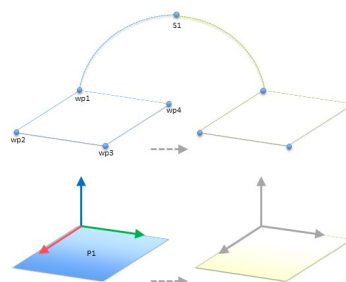


Figura 13.4: Programa simples com quatro pontos de rota em relação a um plano de recurso atualizado manualmente, alterando o recurso

A aplicação requer que o programa seja reutilizado para várias instalações de robô, onde a posição da mesa varia ligeiramente. O movimento relativo à mesa é idêntico. Ao definir a posição da mesa como um recurso *P1* na instalação, o programa com um comando *Movimento L* configurado em relação ao plano pode ser facilmente aplicado em robôs adicionais apenas atualizando a instalação com a posição real da mesa.

O conceito se aplica a qualquer número de Recursos em um aplicativo, para atingir um programa flexível que pode resolver a mesma tarefa em muitos robôs, mesmo que outros locais no espaço de trabalho possam variar entre as instalações.

13.12.6 Exemplo: Atualizar dinamicamente um recurso de pose

Considere uma aplicação semelhante onde o robô deve se mover em um padrão específico em cima de uma mesa para resolver uma determinada tarefa (veja 13.5).

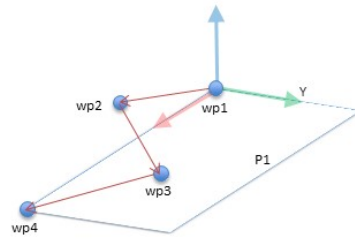


Figura 13.5: Um comando *MoveL* com quatro pontos de rota em relação a um recurso de plano

```

Programa do Robô
  Movimento J
    wp1
  y = 0,01
  o = p[0,y,0,0,0,0]
  Pl_var = pose_trans(Pl_var, o)
  Recurso Movimento L #: Pl_var
    wp1
    wp2
    wp3
    wp4

```

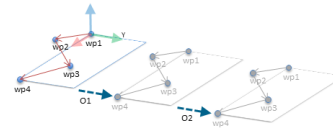


Figura 13.6: Aplicação de um desvio para o recurso de plano

```

Programa do Robô
  Movimento J
    S1
  se (entrada_digital[0]) então
    Pl_var = P1
  senão
    Pl_var = P2
  Recurso Movimento L #: Pl_var
    wp1
    wp2
    wp3
    wp4

```

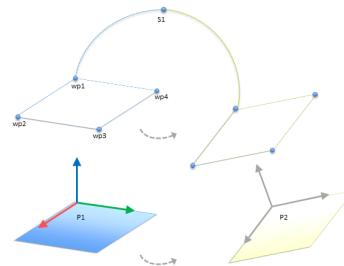


Figura 13.7: Troca de um recurso de plano para outro

O movimento relativo a *P1* é repetido várias vezes, cada vez por um valor de desvio *o*. Neste exemplo, a compensação foi definida como de 10 cm na direção Y (consultar figura 13.6, compensações *O1* e *O2*). Isto é realizado usando, por exemplo, as funções de script *pose_add()* ou *pose_trans()* para manipular a variável. É possível alternar para um recurso diferente enquanto o programa está sendo executado em vez de adicionar um desvio. Isto é mostrado no exemplo abaixo (consulte a figura 13.7) onde o recurso de referência para o comando *Movimento L* *pl_var* pode alternar entre dois planos *P1* e *P2*.

13.13 Configuração da correia transportadora

A configuração da correia transportadora permite a configuração do movimento de até dois transportadores. A configuração da correia transportadora oferece opções para configurar o robô para trabalhar com codificadores absolutos ou incrementais, bem como com correias transportadoras lineares ou circulares.

Parâmetros da Correia

Os codificadores: incrementais podem ser conectados às entradas digitais 0 a 3. A decodificação de sinais digitais é executada a 40kHz. Usando um codificador de **Quadratura** (exigindo duas entradas), o robô pode determinar a velocidade e a direção da correia transportadora. Se a direção da correia transportadora for constante, é possível usar uma entrada única para extremidades de *Aumento*, *Queda* ou *Aumento e Queda* que determinam a velocidade da correia transportadora.

Os codificadores: absolutos podem ser conectados por meio de um sinal MODBUS. Isso exige um registro de saída MODBUS digital pré-configurado na (seção 13.11).

Acompanhamento de parâmetros

Correias transportadoras lineares: Quando a correia transportadora linear é selecionada, é necessário configurar um recurso de linha na parte **Recursos** da instalação, para determinar a direção da correia. Garantir a precisão, colocando o recurso de linha paralelo à direção da correia transportadora, com uma grande distância entre os dois pontos que definem o recurso de linha. Configure o recurso de linha colocando a ferramenta firmemente contra a lateral da correia ao ensinar os dois pontos. Se o sentido do recurso da linha for oposto ao movimento da correia, use o botão **Sentido inverso**.

O **Ocorrências por metro** exibe o número de ocorrências que o codificador gera quando a correia transportadora se move um metro.

Correias transportadoras circulares: O ponto central do transportador deve ser definido para acompanhar um transportador circular.

1. Defina o ponto central na parte da instalação relativa a **Recursos**. O valor de **Ocorrências por revolução** deve ser o número de ocorrências que o codificador gera quando a correia transportadora gira uma revolução completa.
2. Selecione a caixa de seleção **Girar ferramenta girar com a correia transportadora** para a orientação da ferramenta para acompanhar a rotação da correia transportadora.

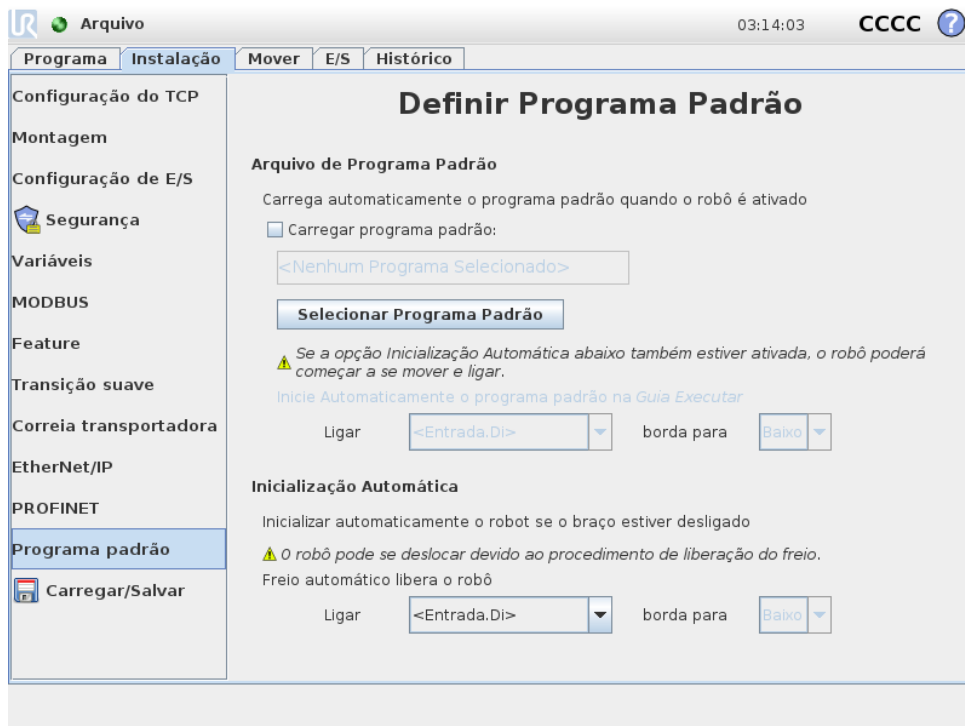
13.14 Transição suave entre os modos de segurança

Ao alternar entre os modos de segurança durante os eventos (ou seja, Entrada do Modo Reduzido, Plano de Acionamento no Modo Reduzido, Parada de Proteção, Dispositivo de Ativação com Três Posições), permitindo que o braço do robô mire a 0,4 s para criar uma transição “suave”. Aplicações existentes não têm alterado o comportamento que corresponde à configuração “forçada”. Novos arquivos de instalação padrão para a configuração “suave”.

13.14.1 Ajustar as configurações de aceleração/desaceleração

- Pressione a guia de instalação.
- No Menu Lateral, à esquerda, selecione Transição Suave.
- Selecione Forte para ter uma aceleração/desaceleração maior ou selecione Suave para a configuração de transição padrão mais suave.

13.15 Instalação → Programa Padrão



A tela de Inicialização contém configurações para carregar automaticamente e iniciar um programa padrão, bem como para inicializar automaticamente o Braço do robô durante a energização.



ALERTA:

1. Quando o carregamento automático, iniciar automático e inicializar automático estiverem habilitados, o robô executa o programa assim que a Caixa de Controle for ligada se o sinal de entrada corresponder ao nível de sinal selecionado. Por exemplo, a borda de transição para o nível de sinal selecionado não será necessária nesse caso.
2. Use precaução quando o nível do sinal for definido como BAIXO. Os sinais de entrada, por padrão, são baixos: levando o programa a correr automaticamente sem ser ativado por um sinal externo.

Carregar um Programa Padrão

Será carregado um programa padrão quando a Caixa de Controle for ligada. Além disso, o programa padrão é também carregado automaticamente quando a tela **Executar Programa** (consulte 11.4) for acessada e nenhum programa for carregado.

Iniciar um Programa Padrão

O programa padrão é automaticamente iniciado na tela **Executar Programa**. Quando o programa padrão é carregado e a transição de borda do sinal de entrada externa especificada é detectada, o programa será iniciado automaticamente.

Ao inicializar, o nível do sinal de entrada atual é indefinido. Escolher uma transição que corresponde ao nível do sinal ao inicializar, vai iniciar automaticamente o programa. Além disso, sair da tela **Executar Programa** ou tocar no botão de Parada no Painel irá desabilitar a função de início automático até que o botão Executar seja novamente pressionado.

Inicialização Automática

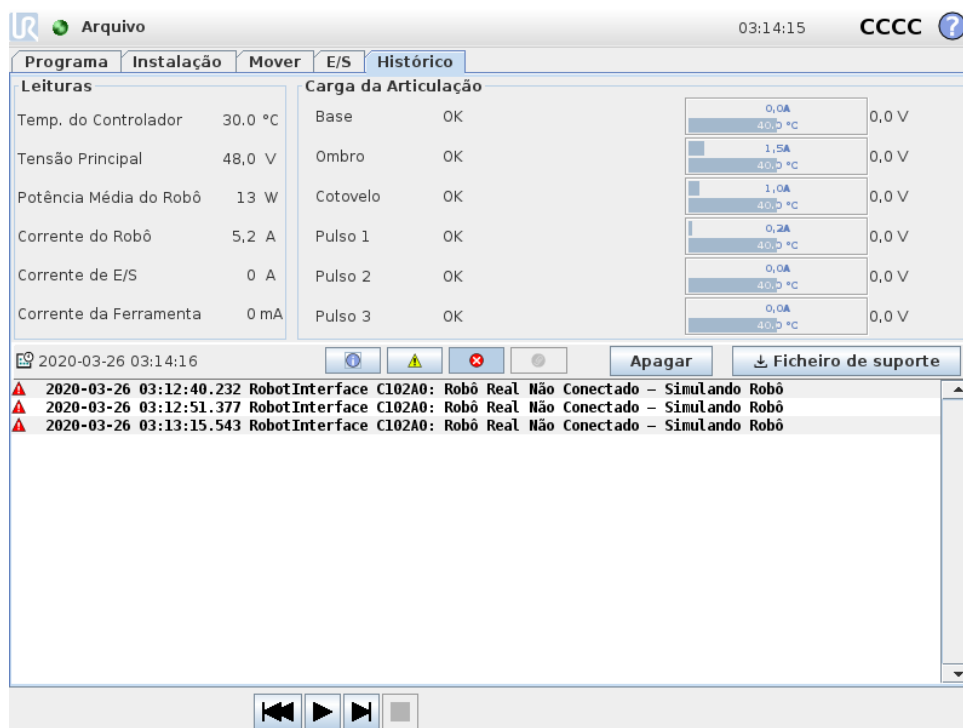
O Braço do Robô é inicializado automaticamente. Na transição de borda do sinal de entrada externa especificada, o Braço do Robô será completamente inicializado, independentemente da tela exibida.

A Liberação de Freio é a fase de inicialização final. Durante a Liberação de Freio, o Braço do Robô realiza pequenos movimentos e emite barulhos tipo clique. Além disso, os freios não podem ser automaticamente liberados se a montagem configurada não corresponder à montagem detectada pelos dados do sensor. Nesse caso, o robô precisa ser iniciado manualmente na tela de inicialização (consulte 11.5).

Ao inicializar, o nível do sinal de entrada atual é indefinido. Escolher uma transição que corresponde ao nível do sinal ao inicializar, vai iniciar automaticamente o Braço do robô.

O recurso de inicialização automática funciona somente quando o braço do robô está desligado.

13.16 Guia Log



Integridade do Robô A metade superior da tela exibe a integridade do Braço do Robô e Caixa de Controle. O lado esquerdo da tela mostra informação relacionada com a Caixa de

Controle, enquanto o lado direito da tela mostra informação relacionada com as articulações do robô. Cada articulação mostra informações sobre temperatura do motor e de componentes eletrônicos, a carga da articulação e a tensão.

Log do robô As mensagens são mostradas na metade inferior da tela. A primeira coluna classifica a gravidade da entrada de log. A segunda coluna exibe a hora de chegada das mensagens. A próxima coluna exibe o remetente da mensagem. A última coluna mostra a mensagem em si. As mensagens podem ser filtradas por meio dos botões de alternância, em função da importância do registro. A figura acima mostra que os erros serão exibidos enquanto as mensagens de alerta e informações serão filtradas. Algumas mensagens de log são elaboradas para fornecer mais informações (acessíveis selecionando a entrada de log).

13.16.1 Salvando Relatórios de Erros

Logo que ocorra um erro no PolyScope, é gerado um registro do erro. No Guia de Registro, pode acompanhar e/ou exportar relatórios gerados para uma unidade USB (consulte 13.16). A lista de erros seguintes pode ser acompanhada e exportada:

- Falha
- Exceções PolyScope internas
- Parada de Proteção
- Exceção sem tratamento no URCap
- Violação

O relatório exportado contém: um programa de usuário, um histórico de log, uma instalação e uma lista de serviços de execução.

Relatório de Erros É disponibilizado um relatório de status detalhado quando um ícone de clipe é exibido na linha de log.

- Selecione a linha de log e toque no botão Salvar Relatório para salvar o relatório para uma unidade USB.
- O relatório pode ser salvo enquanto o programa está sendo executado.



NOTA:

O relatório mais antigo é excluído quando um novo relatório é gerado. Somente os 5 relatórios mais recentes são armazenados.

13.16.2 Arquivo de Suporte Técnico

O arquivo de relatório contém informações úteis para o diagnóstico e reprodução de questões. O arquivo contém registros anteriores às falhas do robô, bem como as configurações, programas e instalações do robô atual. O arquivo de relatório pode ser salvo em uma unidade USB externa. Na tela de Entrada, toque em **Arquivo de suporte** e siga as instruções na tela para acessar a função.

**NOTA:**

O processo de exportação pode levar até 20 minutos dependendo da velocidade da unidade de USB e os tamanhos de arquivos coletados do sistema de arquivo do robô. O relatório é salvo como um arquivo zipado comum, sem proteção por senha, e pode ser editado depois de enviado para o suporte técnico.

13.17 Tela de Carregamento

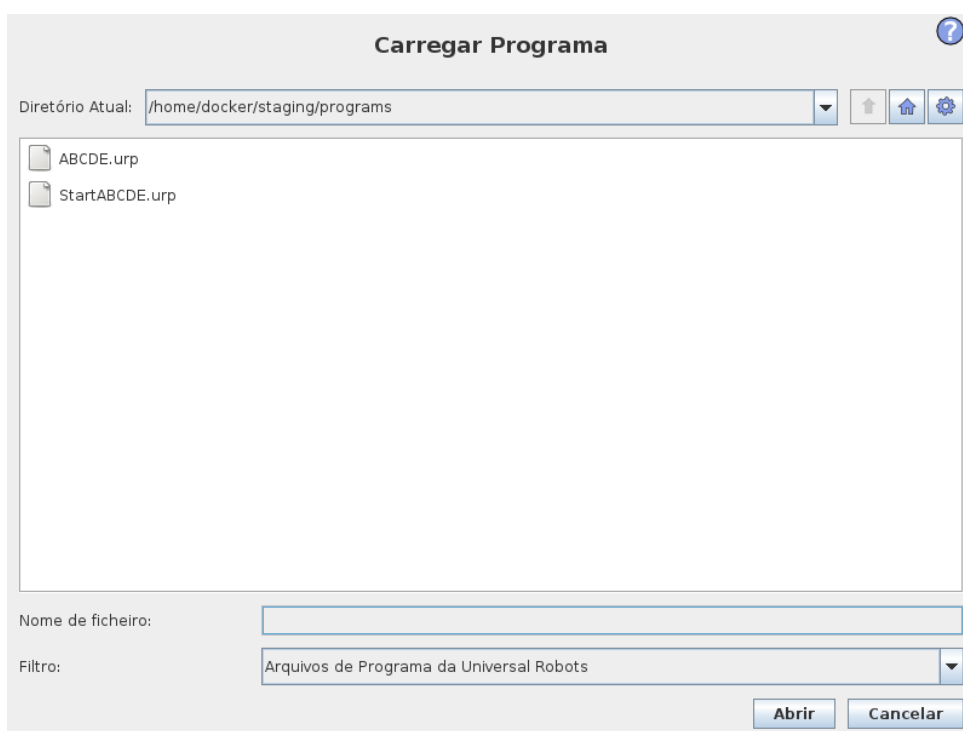
Nessa tela, você escolhe qual programa carregar. Há duas versões dessa tela: uma delas é usada quando você deseja apenas carregar um programa e executá-lo e aquela usada quando você quer realmente editar um programa.

**NOTA:**

Executar o programa de uma unidade USB não é recomendado. Para executar um programa armazenado em uma unidade USB, primeiramente carregue o programa e salve-o na pasta `programas` por meio da opção **Salvar Como...** no menu **Arquivo**.

A principal diferença reside nas ações disponíveis para o usuário. Na tela de carregamento básico, o usuário poderá somente acessar arquivos - não modificá-los ou apagá-los. Além disso, o usuário não pode deixar a estrutura de diretórios que descende da pasta `programas`. O usuário pode descender a um subdiretório, mas não pode ficar mais alto que a pasta `programas`. Portanto, todos os programas devem ser colocados na pasta `programas` e/ou em suas subpastas.

Layout da tela



Esta imagem mostra a tela de carregamento real. Ela consiste nas seguintes áreas e botões:

Histórico de caminho O histórico de caminho mostra a lista de caminhos que levam ao local atual. Isso significa que todos os diretórios pai até a raiz do computador são mostrados. Aqui, você observará que pode não ser possível acessar todos os diretórios encontrados acima da pasta programas.

Ao selecionar o nome de pasta na lista, a caixa de diálogo de carregamento altera para esse diretório e o exibe na área de seleção de arquivos (consulte 13.17).

Área de seleção de arquivos Nessa área do diálogo, o conteúdo da área real está presente. Fornece ao usuário a opção de selecionar um arquivo com apenas um clique em seu nome ou abri-lo com um duplo clique.

Os diretórios são selecionados por um toque longo de aproximadamente 0,5 s. Descer para uma pasta e apresentar o seu conteúdo são feitos com um único clique sobre ela.

Filtro de arquivos Por meio do filtro de arquivos, é possível limitar os arquivos mostrados a fim de incluir o tipo de arquivos desejado. Ao selecionar **Backup de Arquivos**, a área de seleção de arquivos exibirá as 10 versões mais recentes salvas de cada programa, em que .old0 é a mais nova e .old9 é a mais antiga.

Campo de arquivo Aqui, o arquivo atualmente selecionado é mostrado. O usuário tem a opção de inserir o nome do arquivo manualmente clicando no ícone do teclado à direita do campo. Isso fará com que apareça na tela um teclado, com o qual o usuário pode inserir o nome do arquivo diretamente na tela.

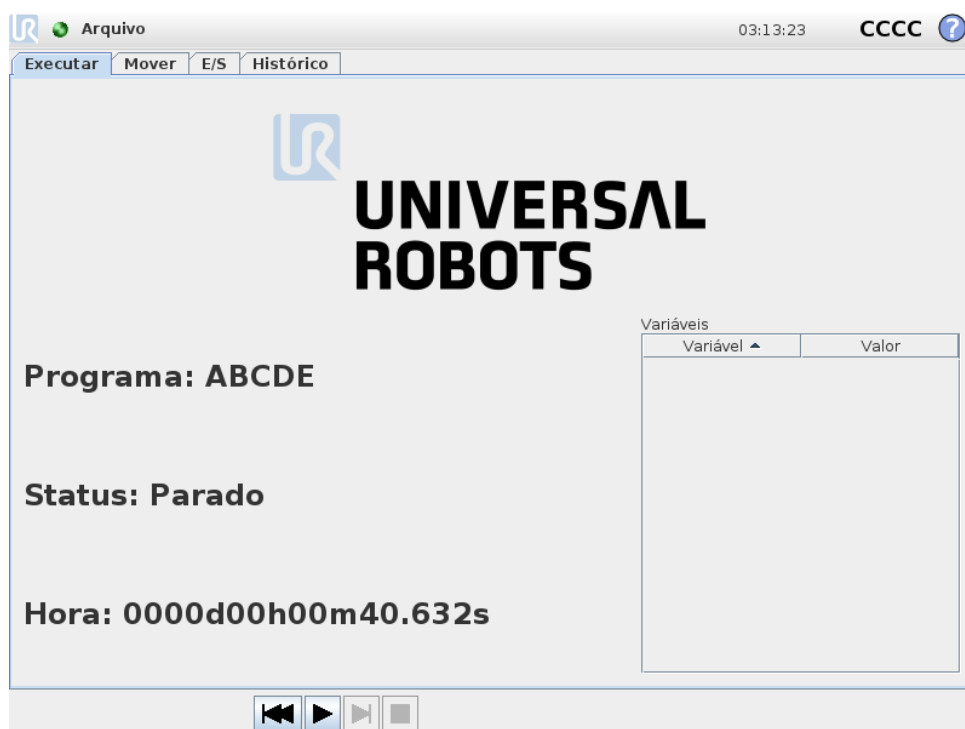
Botão Abrir Clicar no botão Abrir abrirá o arquivo selecionado e retornará à tela anterior.

Botão Cancelar Clicar no botão Cancelar abortará o processo de carregamento atual e fará com que a tela alterne para a imagem anterior.

Botões de ação Uma série de botões oferece ao usuário a capacidade de executar algumas das ações que normalmente estariam acessíveis clicando com o botão direito em um nome de arquivo, em um diálogo de arquivo convencional. Além disso, existe a possibilidade de se deslocar para cima, na estrutura do diretório, e diretamente para a pasta de programas.

- **Pai:** Deslocamento para cima na estrutura de diretórios. O botão não será ativado em dois casos: quando o diretório atual for o diretório superior ou se a tela estiver no modo limitado e o diretório atual for a pasta do programa.
- **Ira para a pasta do programa:** Ir para o início
- **Ações:** Ações como criar diretório, excluir arquivo etc.

13.18 Guia Executar



Esta guia fornece uma maneira simples de operar a caixa de controle e o braço do robô, com o menor número de botões e opções possível. Isso pode ser útil se combinado à proteção por senha da parte de programação do PolyScope (consulte 15.3) para transformar o robô em uma ferramenta que possa executar exclusivamente programas pré-gravados.

Além disso, neste guia, um programa padrão pode ser carregado e iniciado automaticamente com base em uma transição de borda do sinal da entrada externa (consulte 13.15). A combinação entre o carregamento e inicialização automáticos de um programa padrão e a inicialização automática da alimentação pode, por exemplo, ser usada para integrar o braço do robô em outras máquinas.

14 Programação

14.1 Novo Programa



Um novo programa de robô pode ser iniciado de um *modelo* ou de um programa de robô existente (salvo). Um *modelo* pode fornecer a estrutura geral do programa, portanto, somente os detalhes do programa precisam ser preenchidos.

14.2 Guia Programa



A guia programa mostra o programa atual que está sendo editado.

14.2.1 Árvore de Programas

A **Árvore de Programas** do lado esquerdo da tela exibe o programa como uma lista de comandos, enquanto que a área do lado direito da tela exibe informações relacionadas ao comando atual.

O comando atual é selecionado clicando a lista de comandos ou usando os botões **Próximo** e **Anterior** na parte inferior direita da tela. Comandos podem ser inseridos ou removidos usando a guia **Estrutura**. O nome do programa é mostrado diretamente acima da lista de comandos, com um ícone pequeno de um disco que pode ser clicado para salvar o programa rapidamente. Na Árvore De Programas, o comando em execução é destacado, como descrito em 14.2.2.

14.2.2 Indicação de execução de programa



A **Árvore de Programas** contém dicas visuais que indicam o comando que o controlador do robô está executando. Um pequeno ícone  é exibido à esquerda do ícone do comando, e o nome do comando em execução e dos comandos dos quais ele é subcomando (geralmente identificado pelos ícones /) são destacados em azul. Assim o usuário pode localizar o comando em execução na árvore. Por exemplo, se o braço do robô está se movendo para um ponto de rota, o subcomando de ponto de rota correspondente é indicado com o ícone  e seu nome é mostrado em azul, assim como o comando Mover (consulte 14.4) do qual ele é um subcomando. Se o programa for interrompido, o ícone de execução do programa marcará o último comando que estava em execução. Clique no botão com o ícone  abaixo da Árvore de Programas para passar para o comando em execução ou o último comando executado na árvore. Se você clicar em um comando enquanto um programa está em execução, a guia Comando continuará exibindo as informações do comando selecionado. Pressione o botão  para que a guia Comando volte a mostrar continuamente informações sobre os comandos em execução no momento.

14.2.3 Botão Pesquisar

Toque em  para realizar uma pesquisa na Árvore do programa. Ao ser clicado, um texto de pesquisa pode ser inserido e os nós do programa que correspondem ao texto serão destacados em amarelo. Adicionalmente, são disponibilizados botões de navegação para percorrer os resultados. Pressione o ícone  para sair do modo de pesquisa. Nota: A Árvore de Programas deve ser ampliada para acessar os botões de navegação adicionais.

14.2.4 Botões Desfazer/Refazer

Os botões com os ícones  e  na barra de ferramentas por baixo da Árvore de Programas servem para desfazer e refazer mudanças na árvore e nos comandos que ela contém.

14.2.5 Painel do programa

A parte mais baixa da tela é o *Painel*. O *Painel* apresenta um conjunto de botões semelhante a um gravador de fita antigo, a partir do qual programas podem ser iniciados e parados, recuperados em etapa única e reiniciados. O *botão deslizante de velocidade* permite ajustar a velocidade do programa a qualquer momento, o que afeta diretamente a velocidade na qual o robô se move. Além disso, o *botão deslizante de velocidade* mostra em tempo real a velocidade relativa na qual o robô braço se move, tendo em conta as definições de segurança. A percentagem indicada é a velocidade máxima possível do programa em execução sem que sejam causadas violações dos limites de segurança.

À esquerda do *Painel*, os botões *Simulação* e *Robô Real* alternam entre a execução do programa como simulação ou sua execução como robô real. Ao executar em simulação, o braço do robô não se move e, assim, não pode se danificar nem colidir contra nenhum equipamento próximo. Use a simulação para testar programas se estiver incerto de quais movimentos o braço do robô fará.



PERIGO:

1. Certifique-se de ficar fora do espaço de trabalho do robô quando o botão *Reproduzir* seja pressionado. O movimento que você programou pode ser diferente do esperado.
2. Use o botão *Etapa* apenas quando for absolutamente necessário. Mantenha-se afastado do espaço de trabalho do robô quando o botão *Etapa* estiver pressionado.
3. Sempre teste seu programa com a velocidade reduzida com o controle deslizante de velocidade. Erros de programação lógica realizados pelo integrador podem causar movimentos inesperados do braço do robô.
4. Quando uma parada de emergência ou uma parada de proteção tiver ocorrido, o programa do robô irá parar. Ele pode ser reiniciado contanto que nenhuma articulação tenha se movido mais de 10°. Ao pressionar reproduzir, o robô se moverá lentamente de volta para a trajetória e continuará a execução do programa.

Enquanto o programa está sendo gravado, a movimentação resultante do braço do robô é ilustrada usando um desenho 3D na guia *Gráficos*, descrita na 14.30.

Ao lado de cada comando do programa está um pequeno ícone, que é vermelho, amarelo ou verde. Um ícone vermelho significa que há um erro no comando, amarelo significa que o comando não está concluído e verde significa que tudo está OK. Um programa pode ser executado somente quando todos os comandos estiverem verdes.

14.3 Variáveis

Um programa robô pode fazer uso de variáveis para armazenar e atualizar vários valores durante a execução. Existem duas classes de variáveis:

Variáveis de instalação: Estas podem ser usadas por vários programas e seus nomes e valores permanecem juntos com a instalação do robô (consulte 13.10). As variáveis de instalação mantêm seu valor após o robô e a caixa de controle serem reiniciadas.

Variáveis de programa regulares: Estas estão disponíveis apenas para o programa em execução e seus valores se perdem assim que o programa é interrompido.

Tipos de variáveis:

<i>bool</i>	Variável booleana cujo valor é True ou False.
<i>int</i>	Um número inteiro no intervalo entre -2147483648 e 2147483647 (32 bits).
<i>float</i>	Um número do ponto de flutuação (decimal) (32 bits).
<i>string</i>	Sequência de caracteres.
<i>pose</i>	Vetor que descreve a localização e orientação no plano cartesiano. Ele é a combinação do vetor positivo (x, y, z) e a rotação do vetor (rx, ry, rz) representando a orientação, ou seja, $p[x, y, z, rx, ry, rz]$.
<i>list</i>	Uma sequência de variáveis.

14.4 Comando: Mover

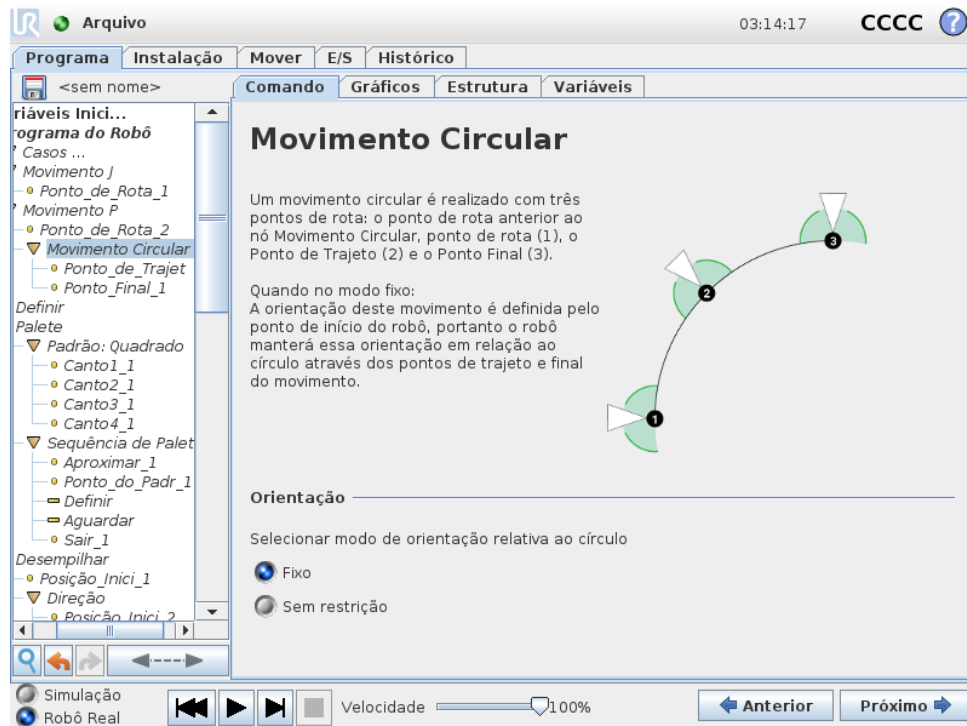


O comando **Mover** controla a movimentação do robô por meio de pontos de rota subjacentes. Os Pontos de Rota precisam estar sob o comando Mover. O comando Mover define a aceleração e a velocidade em que o braço do robô se moverá entre esses pontos de rota.

Tipos de movimentos

Pode selecionar um de três tipos de movimentos: **Movimento J**, **Movimento L** e **Movimento P**. Cada tipo é explicado abaixo.

- O **Movimento J** faz movimentos que são calculados no **espaço de articulação** do braço do robô. Cada articulação é controlada para atingir o local final desejado ao mesmo tempo. Esse tipo de movimento resulta em um caminho curvo para a ferramenta. Os parâmetros compartilhados que se aplicam a esse tipo de movimento são a velocidade máxima da articulação e a aceleração da articulação, especificados em *graus/s* e *graus/s²*, respectivamente. Se for desejado que o braço do robô se mova rapidamente entre pontos de rota, desconsiderando o caminho da ferramenta entre esses pontos de rota, esse tipo de movimento será a opção preferencial.
- O **Movimento L** move o Ponto Central da Ferramenta (TCP) linearmente entre pontos de rota. Isso significa que cada articulação executa uma movimentação mais complicada para manter a ferramenta em um caminho de linha reta. Os parâmetros compartilhados que podem ser definidos para esse tipo de movimento são a velocidade desejada da ferramenta e a aceleração da ferramenta especificadas em *mm/s* e *mm/s²*, respectivamente, além de um recurso.
- O **Movimento P** move a ferramenta linearmente com velocidade constante com uniões circulares e é destinado a algumas operações do processo, como colar e descartar. O tamanho do raio de união é por padrão um valor compartilhado entre todos os pontos de rota. Um valor menor fará o caminho se tornar mais angular, enquanto que um valor mais alto fará o caminho mais suave. Enquanto o braço do robô estiver se movendo pelos pontos de rota com velocidade constante, a caixa de controle do robô não poderá esperar por uma operação de E/S ou uma ação do operador. Fazer isso poderá parar a movimentação do braço do robô ou causar uma parada de proteção.
- **Movimento circular** pode ser adicionado a um **Movimento P** para fazer um movimento circular. O robô inicia o movimento a partir de sua posição atual ou ponto de início, movimenta-se através de um **Ponto de Trajeto** especificado no arco circular, e um **Ponto Final**, que completa o movimento circular. Um modo é usado para calcular a orientação da ferramenta, através do arco circular. O modo pode ser:
 - Fixo: apenas o ponto de início é usado para definir a orientação da ferramenta
 - Sem restrição: o ponto de início se transforma em **Ponto Final** para definir a orientação da ferramenta



Parâmetros compartilhados

Os parâmetros compartilhados no canto inferior direito da tela Mover se aplicam ao movimento da posição anterior do braço do robô para o primeiro ponto de rota sob o comando e de lá para cada um dos pontos de rota a seguir. As configurações do comando Mover não se aplicam ao caminho que sai do último ponto de rota sob esse comando Mover.

Seleção do TCP

Selecione o TCP usado para pontos de rota sob o comando Mover partir do menu suspenso. É possível selecionar a partir de TCPs definidos por usuário da instalação, o TCP ativo ou simplesmente usando o flange da ferramenta. Se um TCP definido por usuário ou TCP ativo é selecionado, o movimento sob este comando Mover será ajustado respeitando isso. Se **Usar Flange de Ferramenta** for selecionado, nenhum TCP é usado e o movimento sob o comando Mover será em relação ao flange da ferramenta (ou seja, sem ajustes para o movimento).

Se o TCP ativo deste movimento é determinado durante o tempo de execução do programa, precisa ser definido dinamicamente usando o comando Definir (consulte 14.11) ou usando comandos de script. Para mais informações sobre a configuração de TCPs nomeados, (consulte 13.6

Seleção de recurso

O recurso espacia os pontos de rota sob o comando Mover, que deve ser representado ao especificar estes pontos de rota (veja a seção 13.12). Isso significa que, ao configurar um ponto de rota, o programa se lembrará das coordenadas da ferramenta no espaço de recurso do recurso selecionado. Há algumas circunstâncias que precisam de explicação detalhada:

Pontos de rota relativos: O recurso selecionado não afeta os pontos de rota relativos. O movimento relativo é sempre feito com relação à orientação da **Base**.

Pontos de rota variáveis: Quando o braço do robô se move para um ponto de rota variável, o Ponto Central da Ferramenta (TCP) é calculado como as coordenadas da variável no espaço

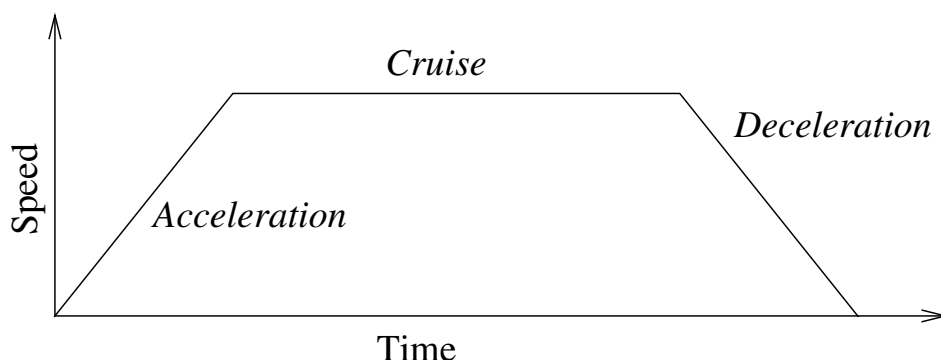


Figura 14.1: Perfil de velocidade para uma movimentação. A curva é dividida em três segmentos: *aceleração*, *cruzeiro* e *desaceleração*. O nível da fase de *cruzeiro* é fornecido pela configuração de velocidade da movimentação, enquanto que o grau das fases de *aceleração* e de *desaceleração* é fornecido pelo parâmetro de aceleração.

do recurso selecionado. Portanto, o movimento do braço do robô para um ponto de rota variável mudará se outro recurso for selecionado.

Recurso variável: Se qualquer um dos recursos na instalação atualmente carregada for selecionado para ser variável, essas variáveis correspondentes também poderão ser selecionadas no menu de seleção de recursos. Se uma variável de recurso (cujo nome é o nome do recurso seguido por “_var”) for selecionada, as movimentações do braço do robô (exceto para **Pontos de rota relativos**) dependerão do valor real da variável quando o programa estiver em execução. O valor inicial de uma variável de recurso é o valor do recurso real configurado na instalação. Se o valor for modificado, o movimento do robô será alterado.

14.5 Comando: Ponto de Rota Fixo



Um ponto no caminho do robô. Os Pontos de rota são a parte mais central de um programa do robô, indicando ao braço do robô onde ele deve estar. Um ponto de rota de posição fixa é ensinado movendo fisicamente o braço do robô para a posição.

Como configurar o ponto de rota

Pressione esse botão para entrar na tela Mover, na qual é possível especificar a posição do braço do robô para esse ponto de rota. Se o ponto de rota for colocado sob um comando Mover no espaço linear (**Movimento L** ou **Movimento P**), precisará haver um recurso válido selecionado nesse comando Mover para que esse botão possa ser pressionado.

Nomes de pontos de rota

Os pontos de rota recebem automaticamente um nome único. O nome pode ser alterado pelo usuário. Ao selecionar o ícone de ligação, os pontos de rota são unidos e compartilham informação posicional. Outras informações do ponto de rota, como o raio de união e a velocidade/aceleração da articulação/ferramenta estão configuradas para cada ponto de rota individual, mesmo que eles estejam ligados.

União de agentes

A União de agentes permite que o robô faça a transição suavemente entre duas trajetórias, sem precisar parar no ponto de rota entre eles.

Exemplo Considere como exemplo uma aplicação de pegar e colocar (consulte a figura 14.2), em que o robô está atualmente no ponto de rota 1 (WP_1) e precisa pegar um objeto no ponto de rota 3 (WP_3). Para evitar colisões com o objeto e outros obstáculos (O), o robô deve se aproximar WP_3 no sentido proveniente do ponto de rota 2 (WP_2). Desse modo, os três pontos de rota são introduzidos para criar um caminho que satisfaça os requisitos.

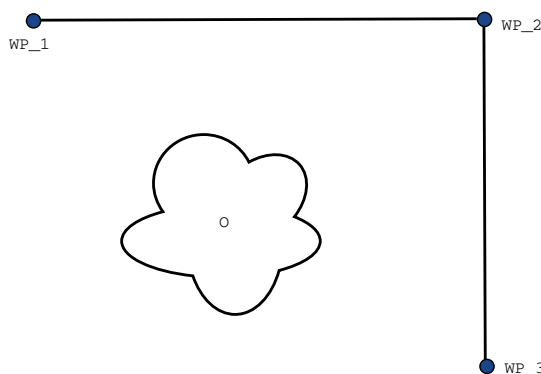


Figura 14.2: WP_1: posição inicial WP_2: ponto do trajeto, WP_3: posição de pegar, O: obstáculo.

Sem configurar outras definições, o robô fará uma parada em cada ponto de rota antes de prosseguir com o movimento. Para esta tarefa, uma parada em WP_2 não é ideal, uma vez que um giro suave requer menos tempo e energia enquanto ainda estiver cumprindo os requisitos. É aceitável ainda que o robô não possa atingir WP_2 exatamente, se a transição da primeira trajetória para a segunda acontecer perto desta posição.

A parada no WP_2 pode ser evitada configurando uma união com o ponto de rota, permitindo que o robô calcule uma transição suave para a próxima trajetória. O principal parâmetro para a união é um raio. Quando o robô está dentro do raio de união do ponto de rota, ele pode começar a união e se desviar do caminho original. Isso permite maior rapidez e fluidez dos movimentos, pois o robô não precisa desacelerar e reacelerar.

Parâmetros de união Além dos pontos de rota, vários parâmetros influenciarão a trajetória da união (consulte a figura 14.3):

- O raio de união (r)
- A velocidade inicial e final do robô (nas posições p1 e p2, respectivamente)
- O tempo de movimento (por exemplo, ao definir um período de tempo específico para uma trajetória isso influenciará a velocidade inicial/final do robô)
- a união de tipos de trajetória de e para (Movimento L, Movimento J)

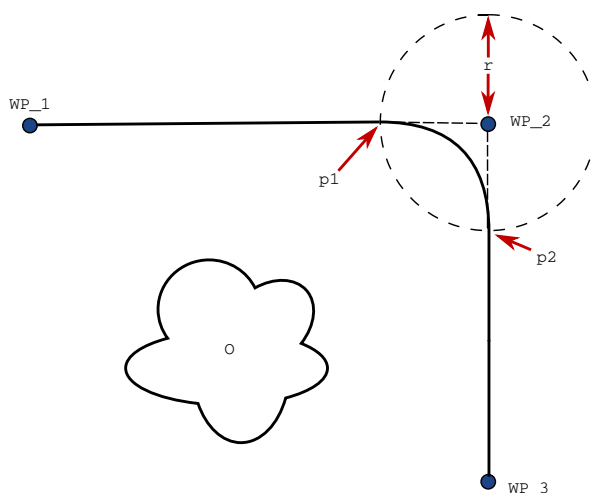


Figura 14.3: União WP_2 com raio r , posição da união inicial em p1 e posição da união final em p2. O é um obstáculo.

Se um raio de união for configurado, a trajetória do braço do robô se une em torno do ponto de rota, permitindo que o robô não pare no ponto.

Não pode haver sobreposição de uniões, de modo que não é possível definir um raio de união sobreposto à união de raio de um ponto de rota anterior ou posterior, como mostrado na figura 14.4.

Trajétórias de união condicionais A trajetória de união é afetada tanto pelo ponto de rota onde o raio de união está definido quanto pelo ponto seguinte na árvore do programa. Isto é, no programa na figura 14.5 a união ao redor de WP_1 é afetada por WP_2. A consequência disso se torna mais aparente quando união acontece ao redor de WP_2 neste exemplo. São possíveis duas posições finais e, para determinar qual é o próximo ponto de rota a unir, o robô deve avaliar a leitura atual da `entrada_digital[1]` já quando entrar no raio de união. Isso significa que a expressão **se...então** (ou outras declarações necessárias para determinar o ponto de rota

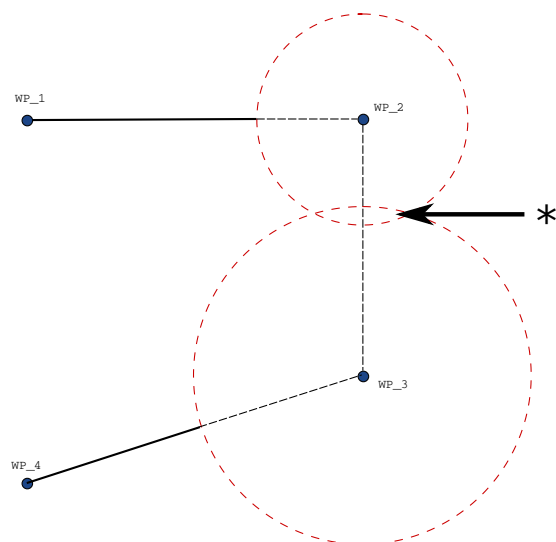


Figura 14.4: A sobreposição do raio de união não é permitida (*).

seguinte, por exemplo, pontos de rota variáveis) é avaliada antes que cheguemos efetivamente a WP_2, o que é um pouco contraintuitivo quando se olha para a sequência do programa. Se um ponto de rota é um ponto de parada seguido de expressões condicionais para determinar o próximo ponto de rota (por exemplo, o comando de E/S) ele é executado quando o braço do robô parar no ponto de rota.

```
Movimento L
  WP_I
  WP_1 (união)
  WP_2 (união)
  se (entrada_digital[1]) então
    WP_F_1
  senão
    WP_F_2
```

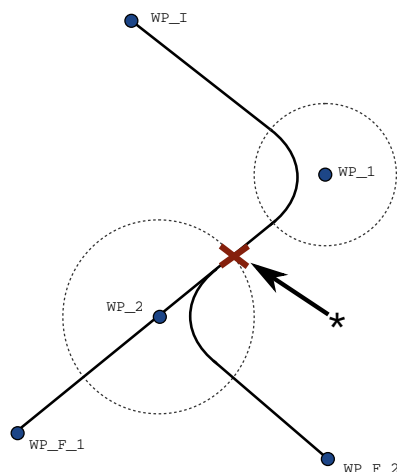


Figura 14.5: WP_I é o primeiro ponto de rota e existem dois pontos de rota finais potenciais WP_F_1 e WP_F_2, dependendo de uma expressão condicional. A expressão condicional `se` é avaliada quando o braço do robô entra na segunda união (*).

Combinações de tipo de trajetória É possível a união entre todas as quatro combinações de tipos de trajetória de **Movimento J** e **Movimento L**, mas a combinação específica afetará a trajetória da união calculada. Existem 4 combinações possíveis:

1. **Movimento J** para **Movimento J** (união de espaço de articulação simples)
2. **Movimento J** para **Movimento L**
3. **Movimento L** para **Movimento L** (união de espaço cartesiano simples)
4. **Movimento L** para **Movimento J**

A união de espaço de articulação simples (item 1) versus a união de espaço cartesiano simples (item 3) é comparada na figura 14.6. Ela mostra dois caminhos potenciais da ferramenta para conjuntos de pontos de rota idênticos.

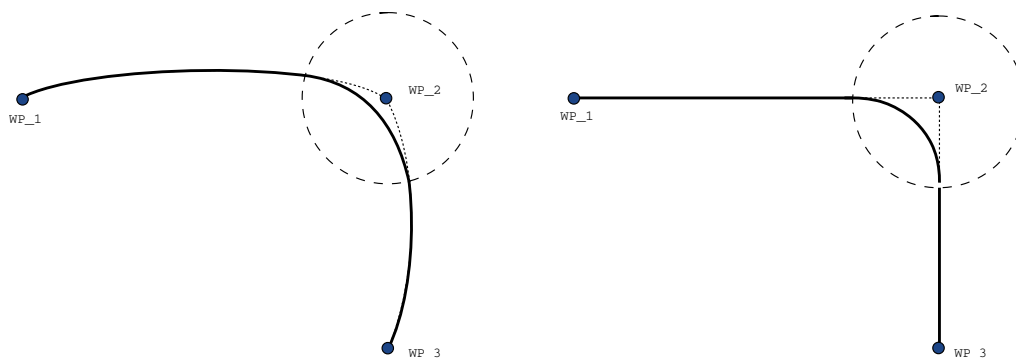


Figura 14.6: Movimento e união do espaço de articulação (MoveJ) versus o espaço cartesiano (MoveL).

De diferentes combinações, os itens 2, 3 e 4 resultarão em trajetórias que se mantêm dentro dos limites da trajetória original no espaço cartesiano. Um exemplo de uma união entre diferentes tipos de trajetória (item 2) pode ser visto na figura 14.7.

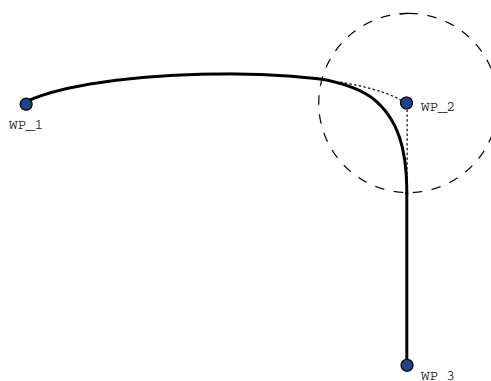


Figura 14.7: União a partir de um movimento no espaço de articulação (MoveJ) para um movimento da ferramenta linear (MoveL).

As uniões de espaço de articulação simples (item 1), entretanto, podem se comportar de uma forma que é menos intuitiva, pois o robô tentará atingir uma trajetória a mais suave possível no espaço de articulação considerando os requisitos de velocidade e tempo. Por isso, elas podem se desviar do curso especificado pelo ponto de rota. Este é justamente o caso quando existem diferenças significativas na velocidade da articulação entre as duas trajetórias. *Cuidado*: se as

velocidades são muito diferentes (por exemplo, ao especificar definições avançadas – quer de velocidade ou de tempo – para um determinado ponto de rota) isso pode resultar em grandes desvios da trajetória original como mostrado na figura 14.8. Se você precisar unir diferentes velocidades e não pode aceitar esse desvio, considere fazer a união no espaço cartesiano utilizando **Movimento L**.

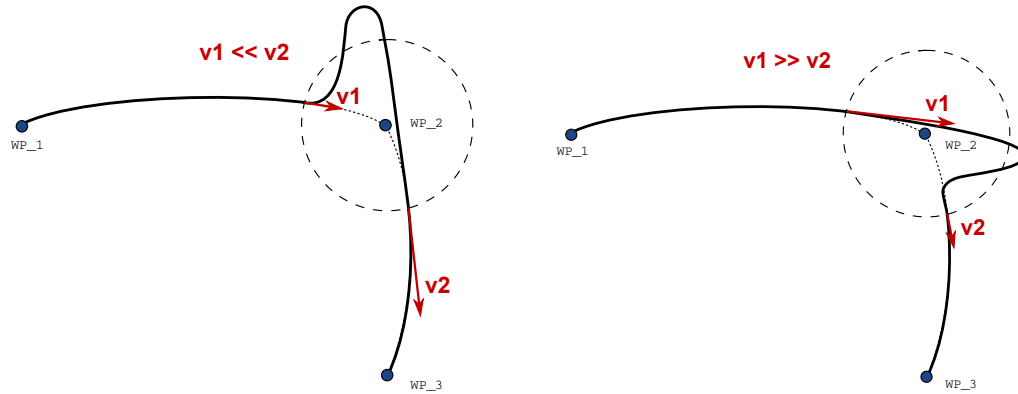


Figura 14.8: União de um espaço de articulação quando a velocidade inicial v_1 é significativamente menor do que a velocidade final v_2 ou o contrário.

14.6 Comando: Ponto de Rota Relativo



Um ponto de rota com uma determinada posição relativa à posição anterior do braço do robô, como “dois centímetros para a esquerda”. A posição relativa é definida como a diferença entre as duas posições fornecidas (da esquerda para a direita).

Nota: posições relativas repetidas podem mover o braço do robô para fora de sua área de trabalho.

A distância aqui é a distância cartesiana entre o TCP nas duas posições. O ângulo determina quanto à orientação do TCP será alterada entre as duas posições. Mais precisamente, o comprimento do vetor de rotação que descreve a alteração na orientação.

14.7 Comando: Ponto de Rota Variável



Um ponto de rota com a posição fornecida por uma variável, neste caso `calculated_pos`. A variável precisa ser uma *posição*, como

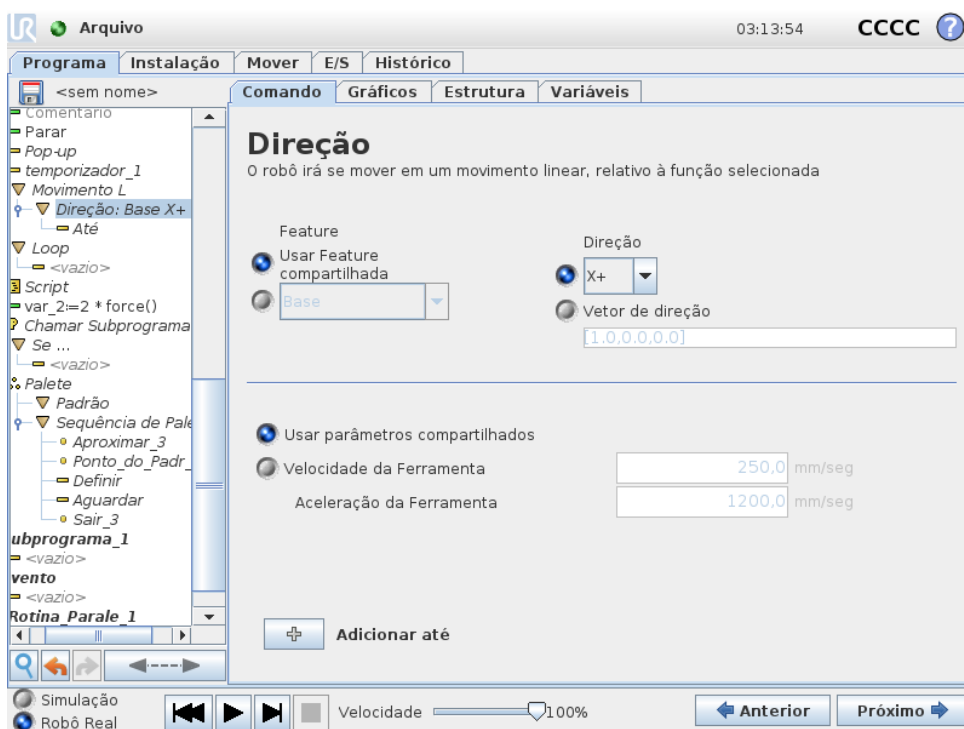
`var=p[0.5,0.0,0.0,3.14,0.0,0.0]`. As três primeiras são *x,y,z* e as três últimas são a orientação fornecida como um *vetor de rotação* fornecido pelo vetor *rx,ry,rz*. O comprimento do eixo é o ângulo a ser girado em radianos e o vetor em si fornece o eixo sobre o qual girar. A posição sempre é fornecida em relação a um quadro de referência ou a um sistema de coordenadas, definido pelo recurso selecionado. Se um raio de união for definido em um ponto de rota fixo e os pontos de rota anteriores e posteriores que são variáveis ou se o raio de união for definido em um ponto de rota variável, então, o raio de união não será verificado quanto a sobreposição (consulte 14.5). Se, ao executar o programa, o raio de união sobrepor um ponto, o robô irá ignorá-lo e passar para a próxima.

Por exemplo, para mover o robô 20 mm ao longo do eixo z da ferramenta:

```
var_1=p[0,0,0.02,0,0,0]
Movimento L
  Ponto de Rota_1 (posição variável):
    Usar variável=var_1, Função=Ferramenta
```

14.8 Comando: Direção

O nó de programa *Direção* especifica um movimento relativo aos eixos de recurso ou TCPs. O robô se movimenta ao longo do caminho especificado pelo nó de programa *direção* até esse movimento ser interrompido por uma condição *Até*. É necessário ter condições *Até* para parar um movimento de direção, toque no botão *Acrescentar Até* para definir os critérios de parada.



Parada de um movimento de direção

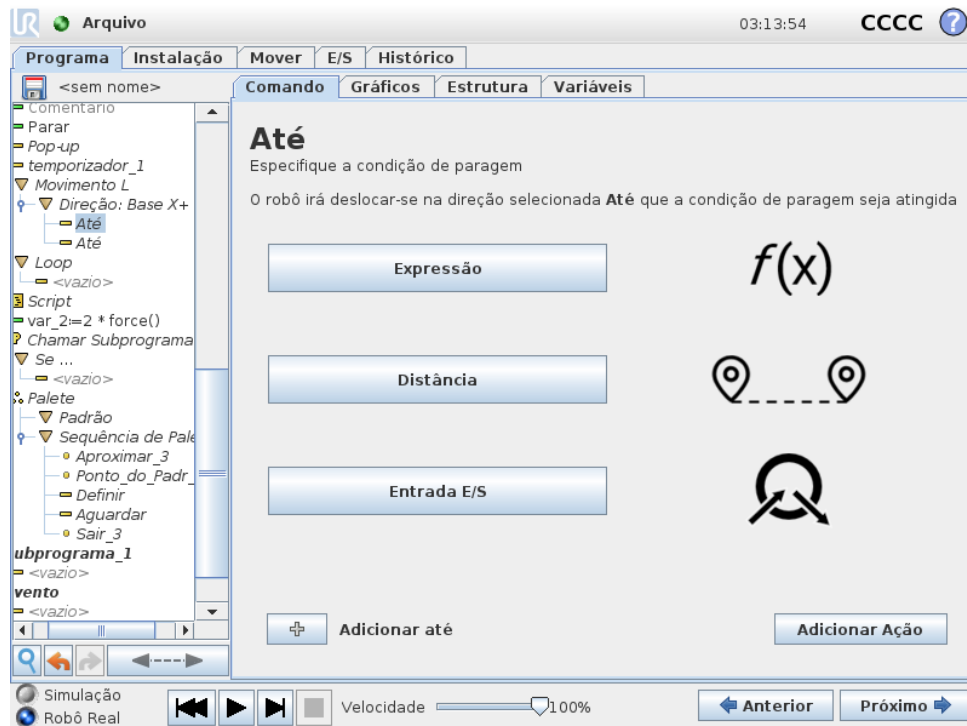
Pode adicionar configurações de Vetor de Direção , para **Velocidade da Ferramenta** e **Aceleração da Ferramenta**, para definir o vetor de direção para movimento linear, permitindo usos avançados como:

- definição de movimento linear relativamente a múltiplos eixos de recurso
- cálculo da direção como expressão matemática

Os vetores de direção definem uma expressão de código personalizado que é solucionado para um vetor unitário. Por exemplo, para um vetor de [2,1,0], o robô se move duas unidades na direção x para cada unidade na direção y, relativa à velocidade especificada.

14.9 Comando: Até

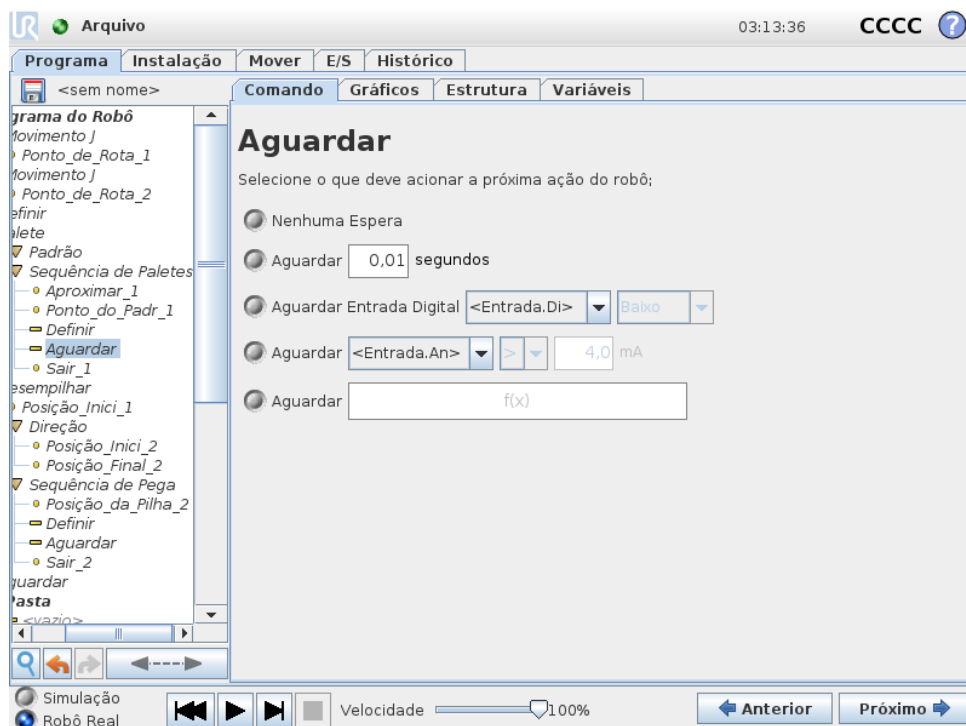
O nó de programa **Até** define um critério de parada para um movimento. O robô percorre um caminho e para quando é feito contato.



No campo **Até**, pode definir os seguintes critérios de parada:

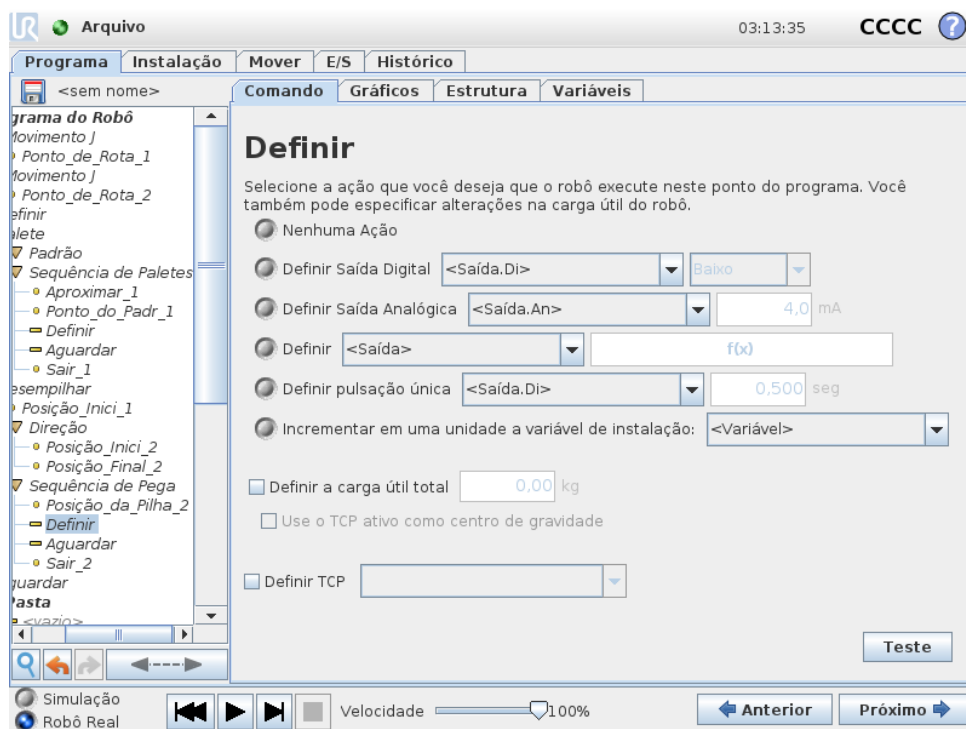
- **Acrescentar Ação** Acrescentar nós de programa se uma condição Até específica for atendida. Por exemplo, se um estado de erro for detectado, o programa pode ser interrompido com um nó Pop-up.
- **Distância** Este nó pode ser usado para parada de um movimento de direção depois de o robô se deslocar uma determinada distância. A velocidade é diminuída até que o robô pare na posição exata.
- **Expressão** Este nó pode ser usado para parada de um movimento devido a uma expressão de programa personalizada. Você pode usar E/S, variáveis ou funções de script para especificar a condição de parada.
- **Entrada E/S** É possível usar este nó para parar um movimento controlado por sinal em uma entrada E/S.

14.10 Comando: Aguardar



Esperar pausa o sinal de E/S, ou expressão, por um determinado período de tempo. Se **Não esperar** for selecionado, nada será feito.

14.11 Comando: Definir



14.12 Comando: Pop-up

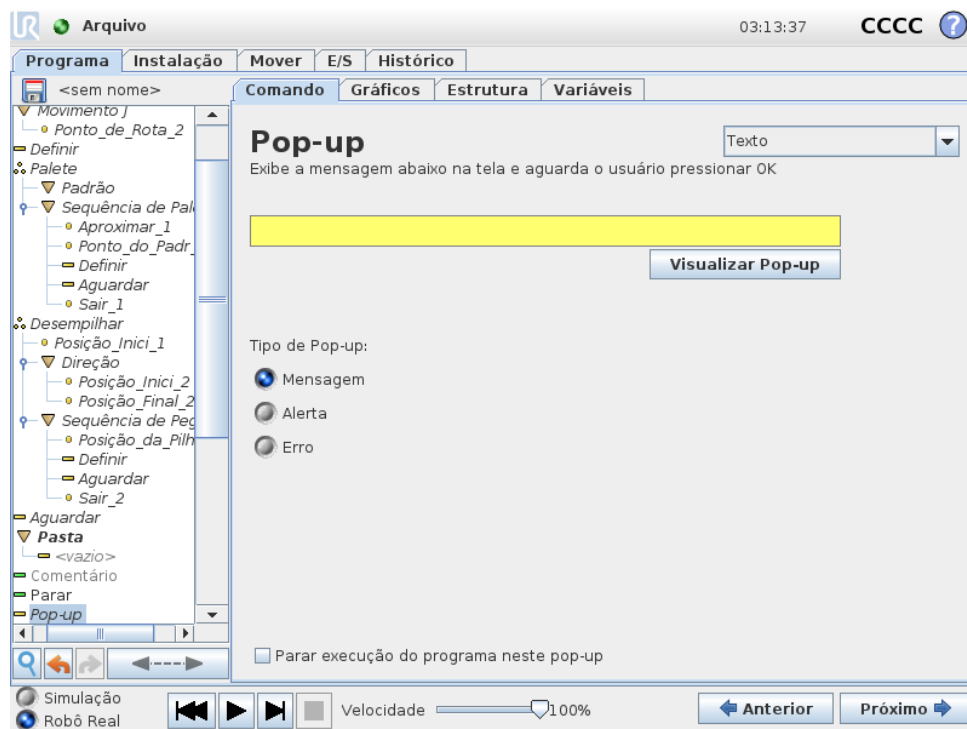
Define saídas digitais ou analógicas em um determinado valor. As saídas digitais também podem ser definidas para enviar um único impulso.

Use o comando Definir para definir a carga útil do braço do robô. Pode ajustar o peso da carga útil para evitar que o robô realize uma parada de proteção, quando o peso na ferramenta for diferente do peso esperado para a carga útil. Se o TCP ativo não deve ser utilizado como centro de gravidade, a caixa de opção deve ser desmarcada.

O TCP ativo pode também ser modificado usando um comando **Definir** - marque a caixa de seleção e selecione um dos deslocamentos TCP do menu.

Se o TCP ativo de um movimento em particular for conhecido no momento da criação do programa, considere usar a seleção de TCP na placa **Mover** (consulte 14.4). Para mais informações sobre a configuração de TCPs nomeados, (consulte 13.6).

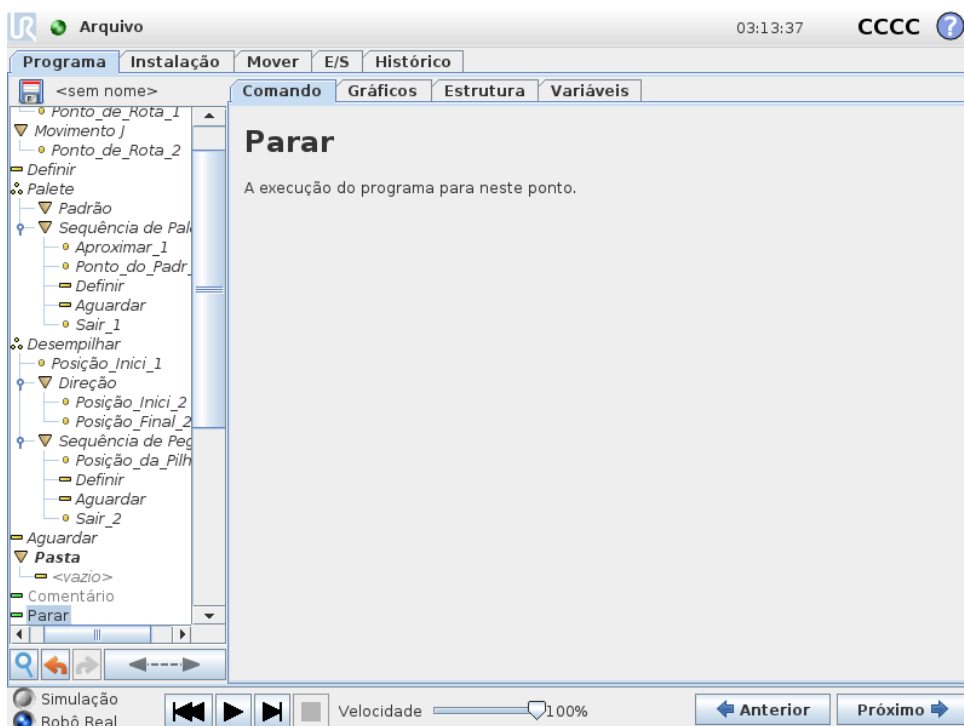
14.12 Comando: Pop-up



O pop-up é uma mensagem que aparece na tela quando o programa atinge esse comando. O estilo da mensagem pode ser selecionado e o texto em si pode ser fornecido usando o teclado na tela. O robô espera até o usuário/operador pressionar o botão "OK" do pop-up antes de continuar com o programa. Se o item "Parar execução do programa" for selecionado, o programa do robô irá parar nesse pop-up.

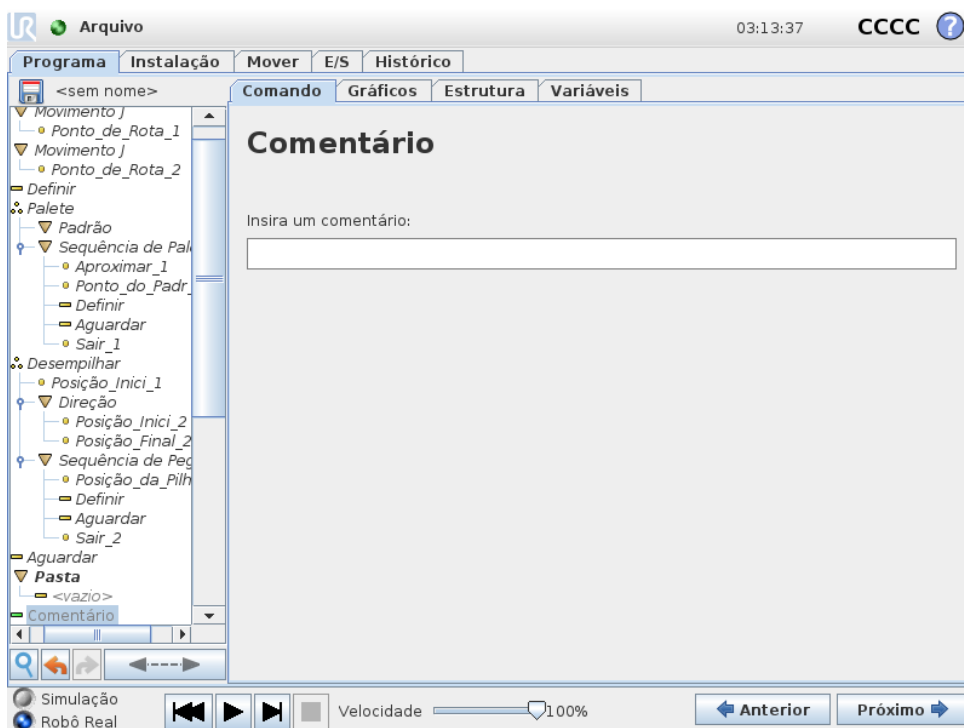
Nota: As mensagens são limitadas a um máximo de 255 caracteres.

14.13 Comando: Parar



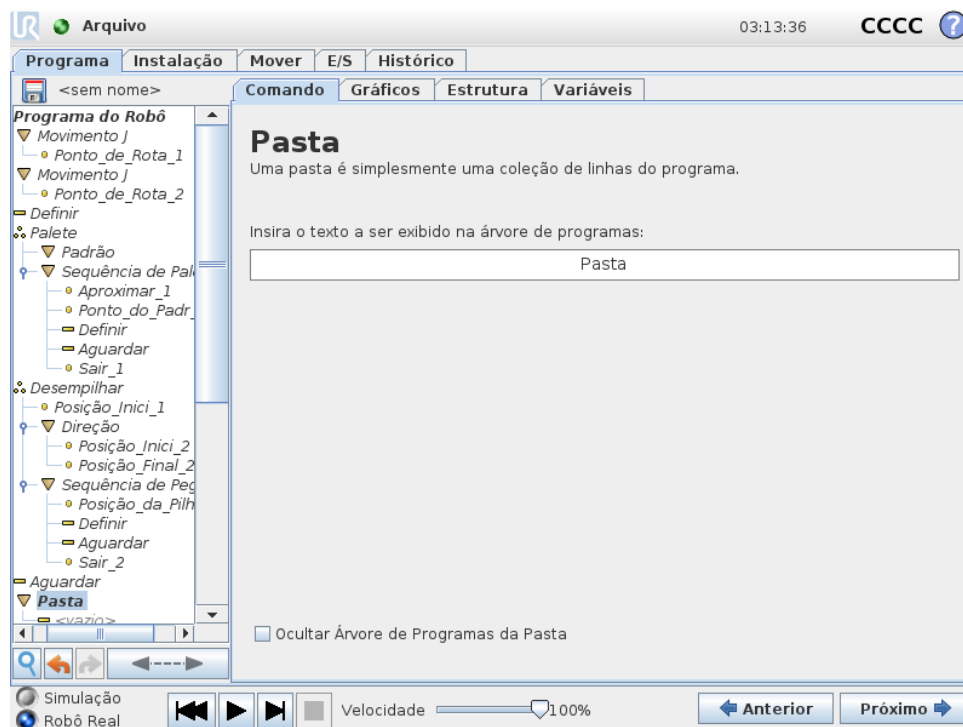
A execução do programa para neste ponto.

14.14 Comando: Comentário



Fornece ao programador a opção de incluir uma linha de texto no programa. Essa linha de texto não realiza nada durante a execução do programa.

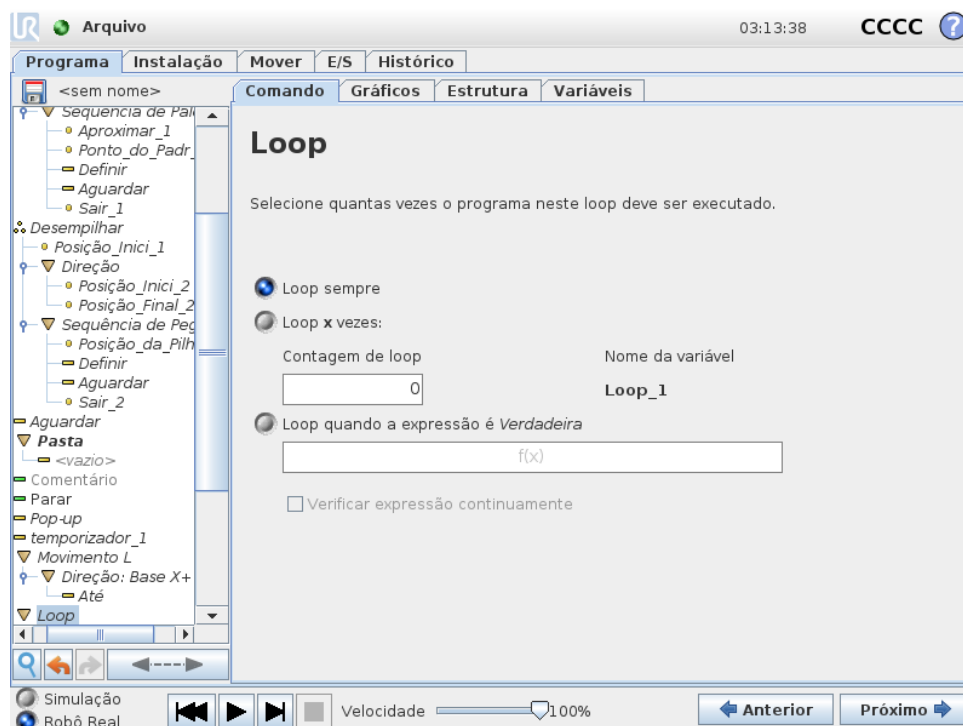
14.15 Comando: Pasta



Uma **Pasta** é usada para organizar e rotular partes específicas de um programa, para limpar a árvore do programa e para facilitar a leitura e a navegação do programa.

Pastas não têm impacto sobre o programa e a sua execução.

14.16 Comando: Loop

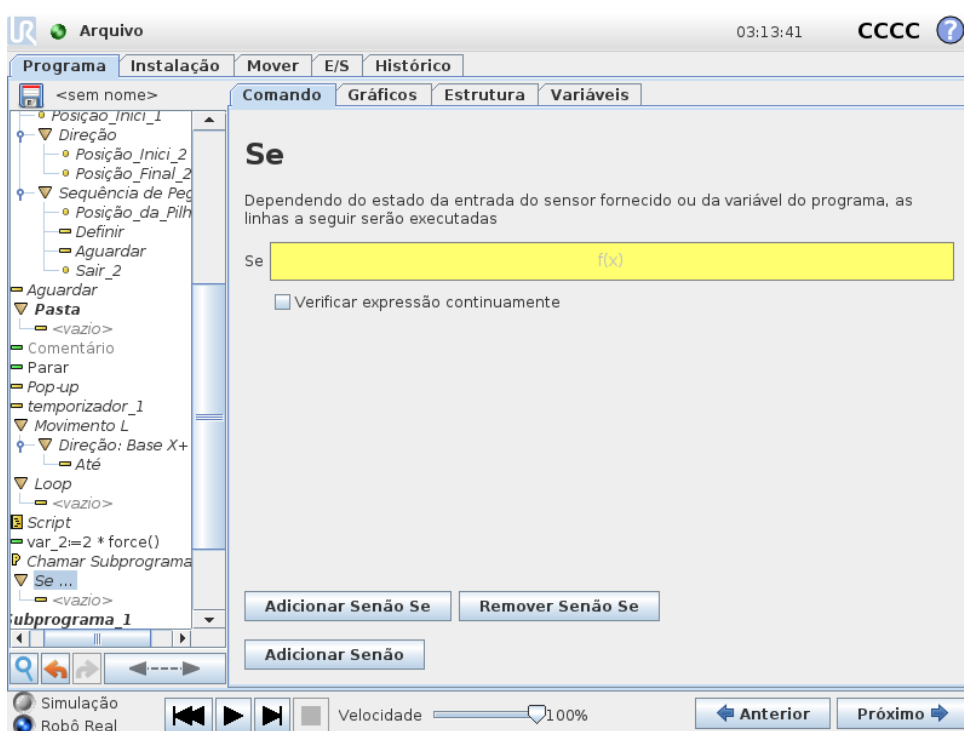


Realiza o loop dos comandos do programa subjacente. Dependendo da seleção, os comandos do programa subjacente são colocados em loop infinitamente, um determinado número de vezes ou desde que a condição determinada seja verdadeira. Ao realizar loop por um determinado número de vezes, uma variável de loop dedicada (chamada `loop_1` na captura de tela acima) será criada e poderá ser usada em expressões dentro do loop. A variável de loop enumera de 0 a $N - 1$.

Ao realizar loop usando uma expressão como a condição final, o PolyScope fornece uma opção para avaliar de forma contínua essa expressão, de forma que o “loop” possa ser interrompido a qualquer momento durante sua execução, em vez de apenas após cada iteração.

14.17 Comando: Se

Frases como Se e Se...Então mudam o comportamento do robô, com base nas entradas do sensor ou valores variáveis.



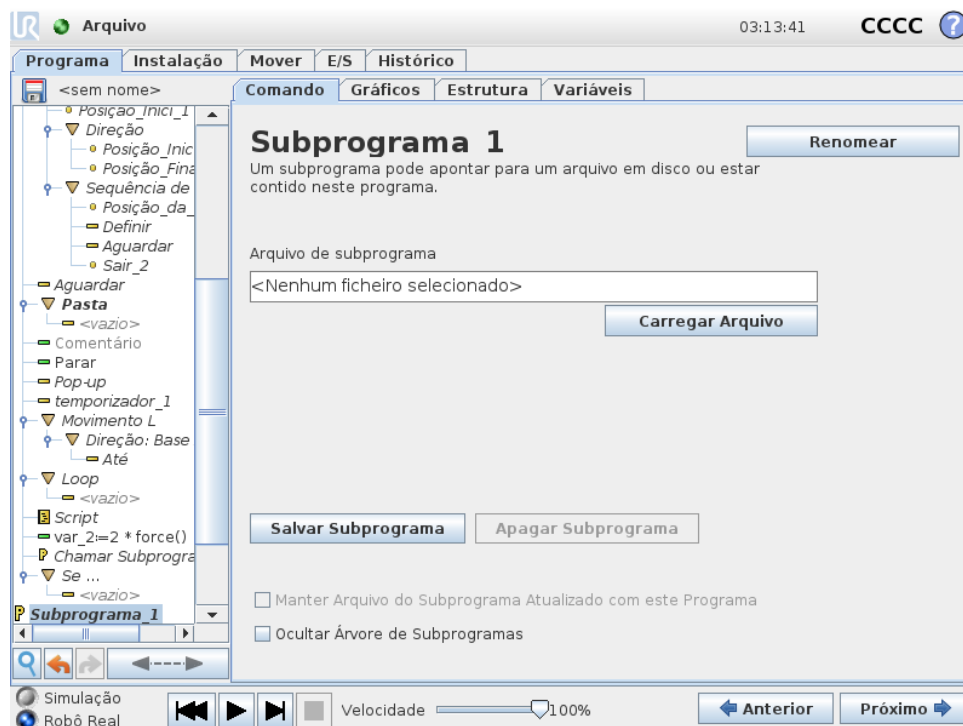
Selecionar condições no Editor de expressão que formem expressões usando uma frase Se. Se a condição for avaliada como Verdadeira, as frases dentro desse comando Se serão executadas. No entanto, um comando Se apenas pode ter uma declaração Então. Use Adicionar EntãoSe e Remova EntãoSe para adicionar e remover expressões EntãoSe.

Selecione Verificar Expressão Continuamente para permitir que frases Se, EntãoSe e Loop sejam avaliadas enquanto as linhas contidas são executadas. Se uma expressão em uma frase Se for avaliada como Falsa, as frases EntãoSe ou Então são seguidas.

**NOTA:**

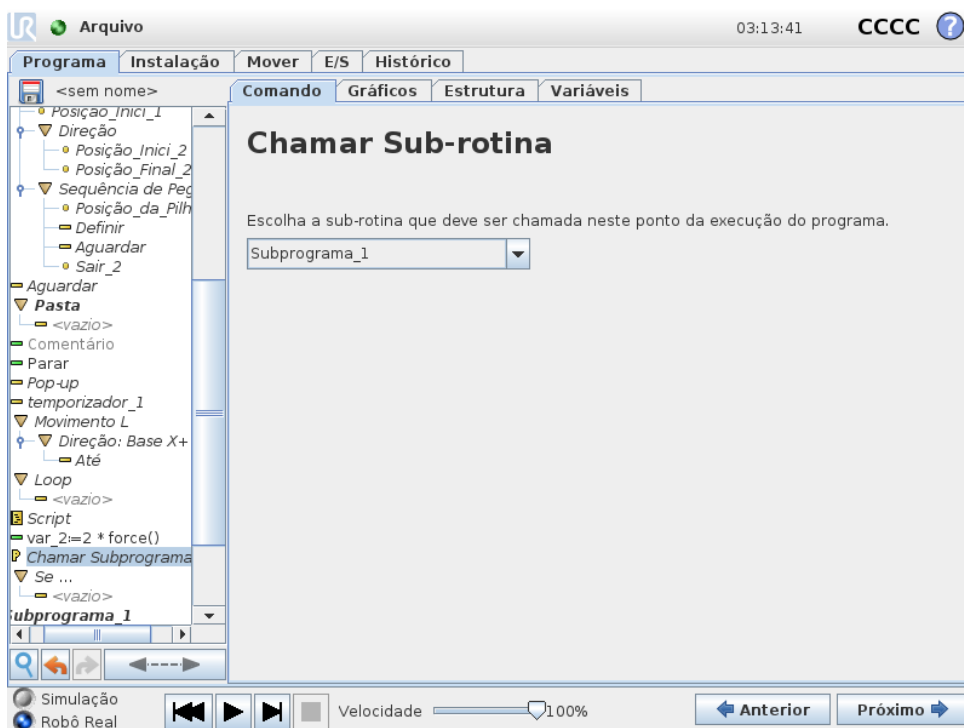
Se há pontos de rota em uma expressão Se ou em uma expressão Loop com a opção Verificar Expressão Continuamente, você pode adicionar `pararj()` ou um `pararl()` após a expressão para desacelerar suavemente o braço do robô. Isso é válido tanto para Comandos Se e Loop (ver seção 14.16).

14.18 Comando: Subprograma



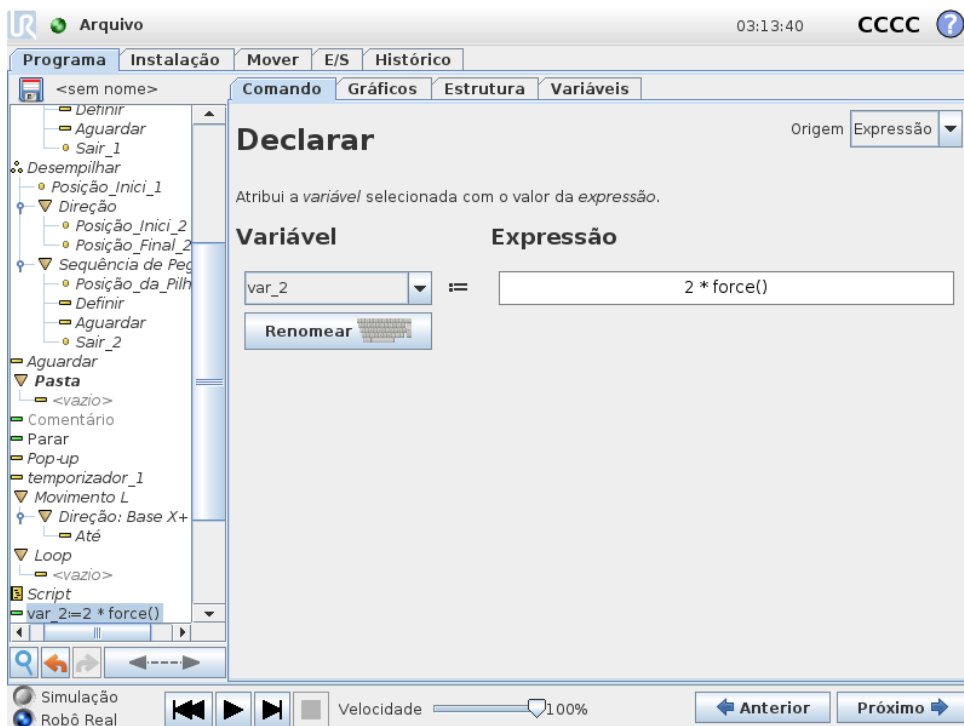
Um Subprograma pode conter partes do programa necessárias em diversos locais. Um Subprograma pode ser um arquivo separado no disco e também pode ser oculto para proteger contra alterações acidentais do subprograma.

Comando: Chamar Subprograma



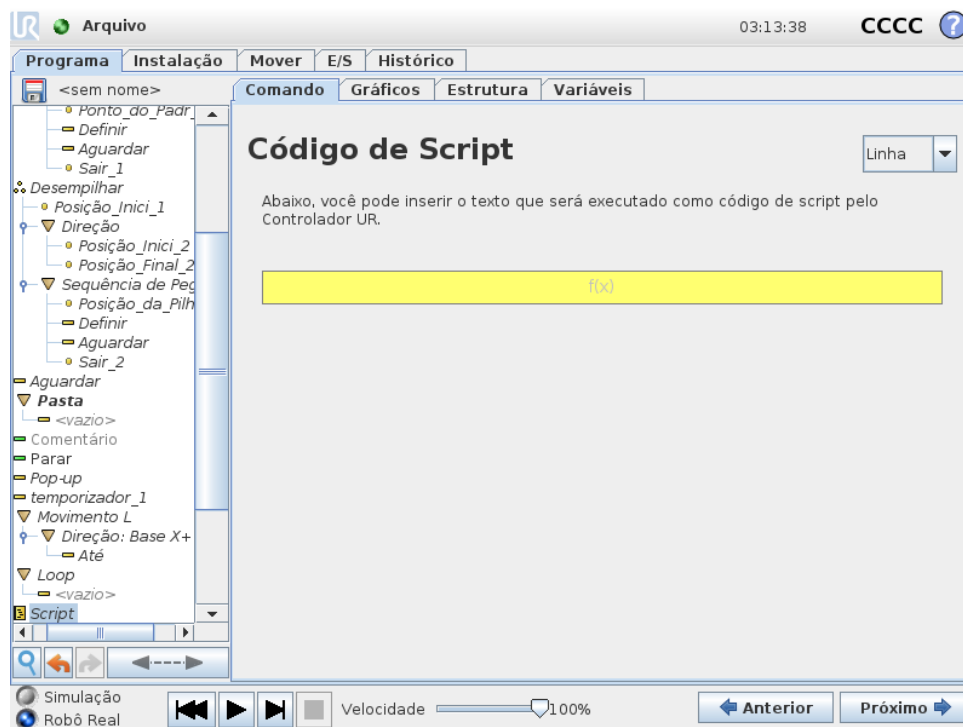
Uma chamada a um subprograma executará as linhas do programa no subprograma e, em seguida, retornará à próxima linha.

14.19 Comando: Atribuição



Designa valores a variáveis. Uma designação coloca o valor calculado do lado direito na variável do lado esquerdo. Isso pode ser útil em programas complexos.

14.20 Comando: Script



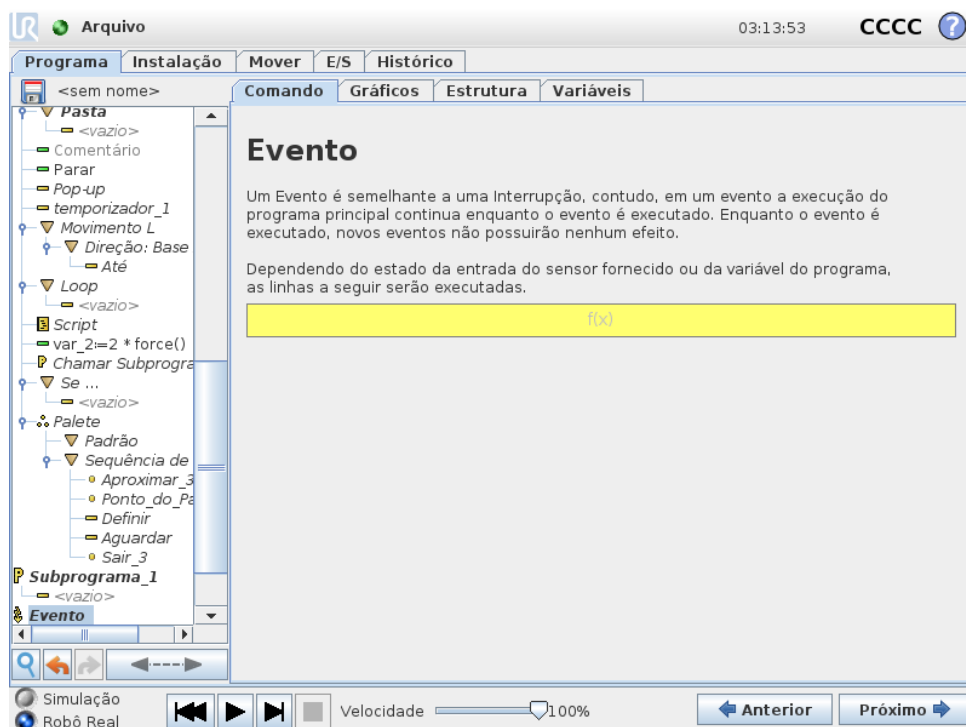
As seguintes opções estão disponíveis na lista suspensa em Comando:

- **Linha** permite que você escreva uma única linha de código de URscript, usando o Editor de expressão (12.1)
- **Arquivo** permite que você escreva, edite ou carregue arquivos de URscript.

Você pode encontrar instruções para escrever URscript no Manual de Script (<http://www.universal-robots.com/support>).

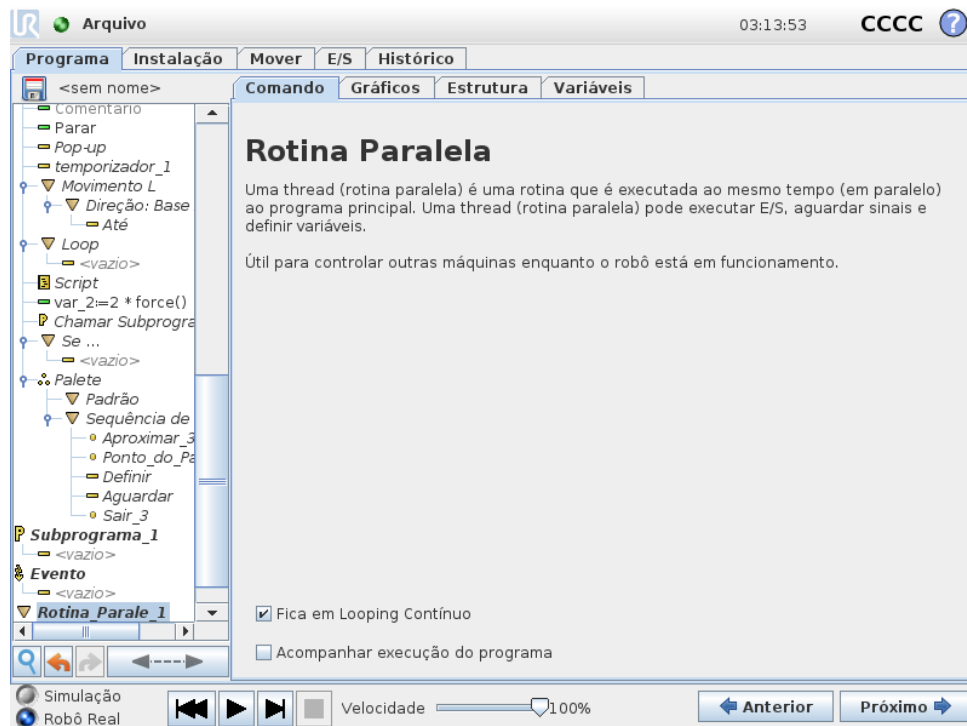
Funções e Variáveis declaradas em um arquivo URscript estão disponíveis para uso em todo o programa no PolyScope.

14.21 Comando: Evento



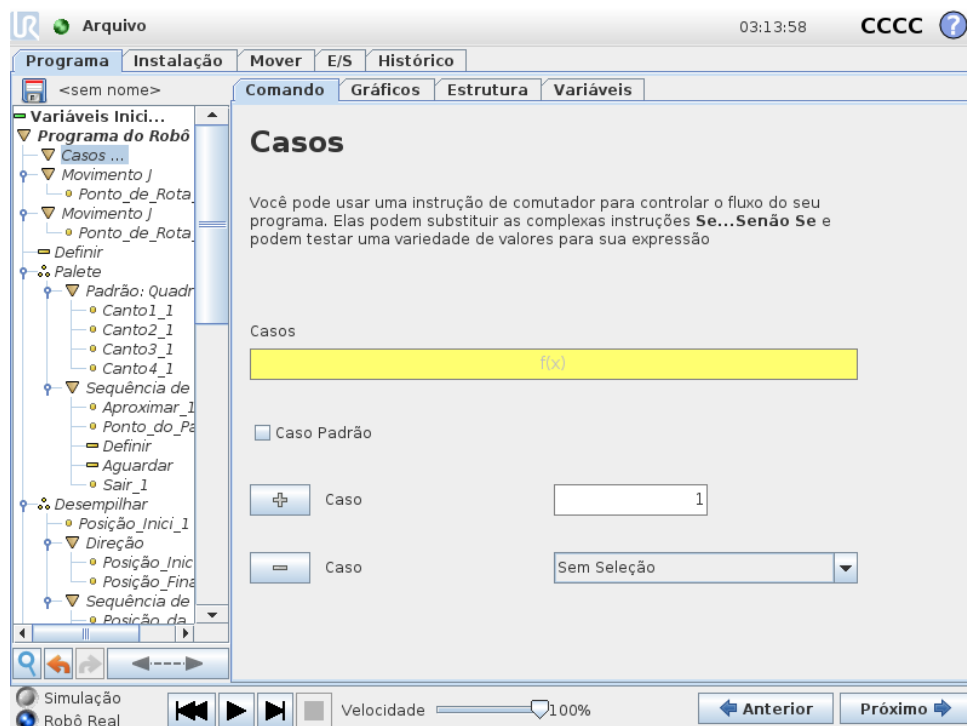
Um evento pode ser usado para monitorar um sinal de entrada e executar alguma ação ou para definir uma variável quando esse sinal de entrada fica alto. Por exemplo, no evento em que um sinal de saída fica alto, o programa do evento pode esperar 200ms e, em seguida, defini-lo para baixo novamente. Isso pode tornar o código do programa principal muito mais simples no caso de uma máquina externa acionar um flanco crescente em vez de um nível de entrada alto. Os eventos são verificados uma vez a cada ciclo de controle (8ms) .

14.22 Comando: Rosquear



Um thread é um processo paralelo ao programa do robô. Um thread pode ser usado para controlar uma máquina externa de forma independente do braço do robô. Um thread pode se comunicar com o programa do robô com variáveis e sinais de saída.

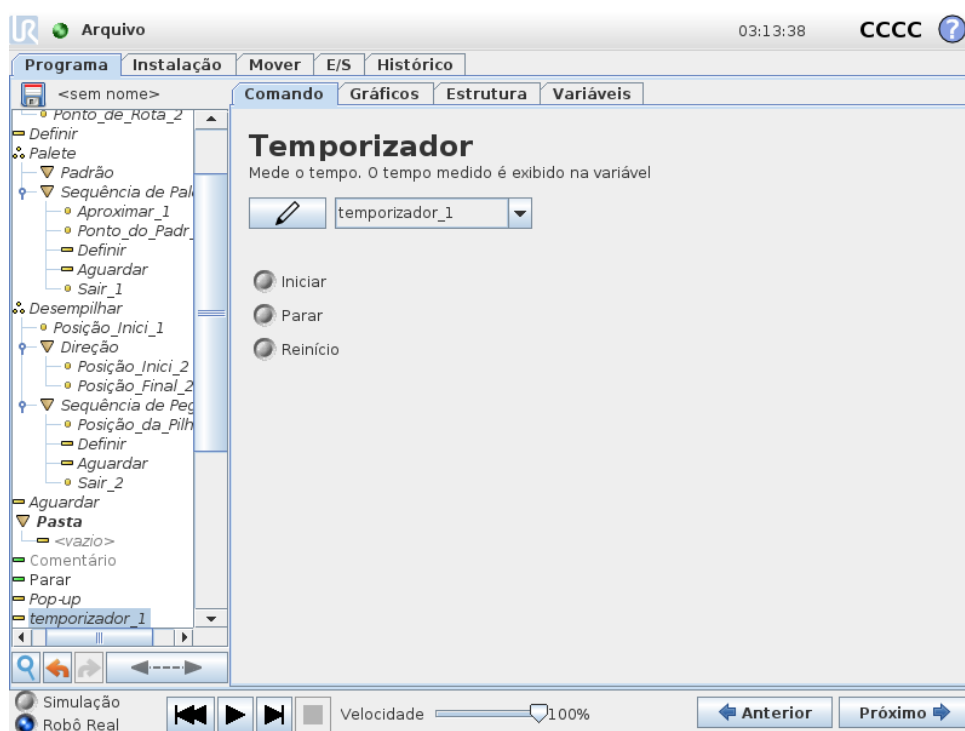
14.23 Comando: Alternar



Uma construção de **Caso do comutador** pode fazer o robô alterar o comportamento com base em entradas do sensor ou valores de variáveis. Use o **Editor de Expressão** para descrever a condição base e definir os casos sob os quais o robô deve prosseguir para os subcomandos deste Comutador. Se a condição for avaliada como correspondente a um desses casos, as linhas dentro do Caso serão executadas. Se um Caso Padrão tiver sido especificado, as linhas serão executadas somente se não for encontrado mais nenhum outro caso correspondente.

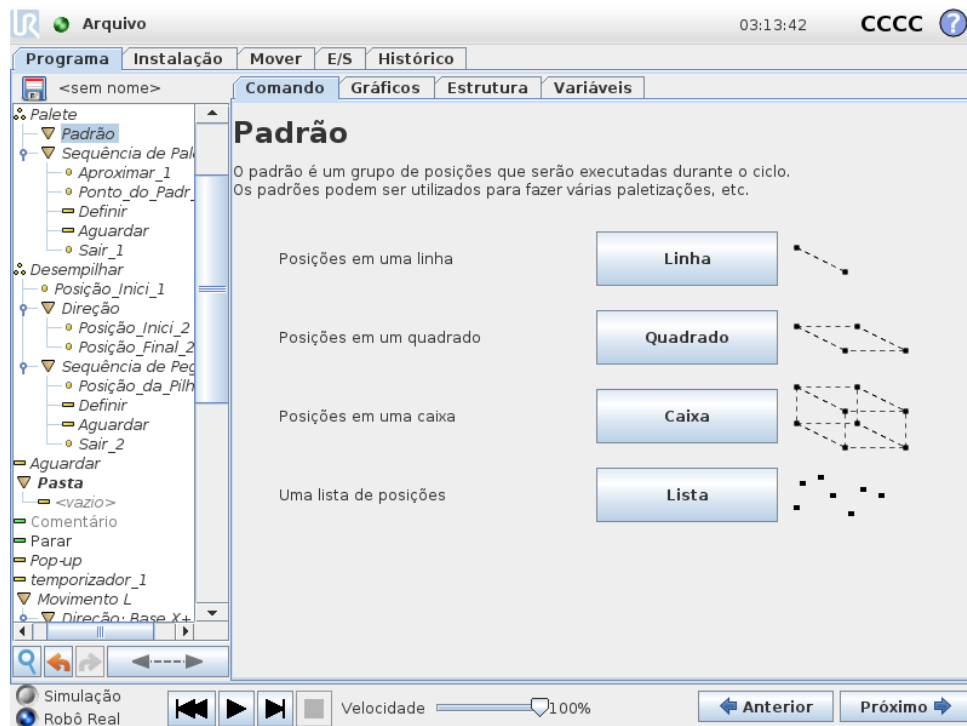
Cada Comutador pode ter vários Casos e um Caso Padrão. Os Comutadores podem ter apenas uma instância de quaisquer valores de Caso definidos. Os Casos podem ser incluídos usando os botões da tela. Um comando Caso pode ser removido da tela para este comutador.

14.23.1 Temporizador



Um Temporizador mede o tempo que leva para partes específicas do programa serem executadas. Uma variável do programa

14.24 Comando: Padrão



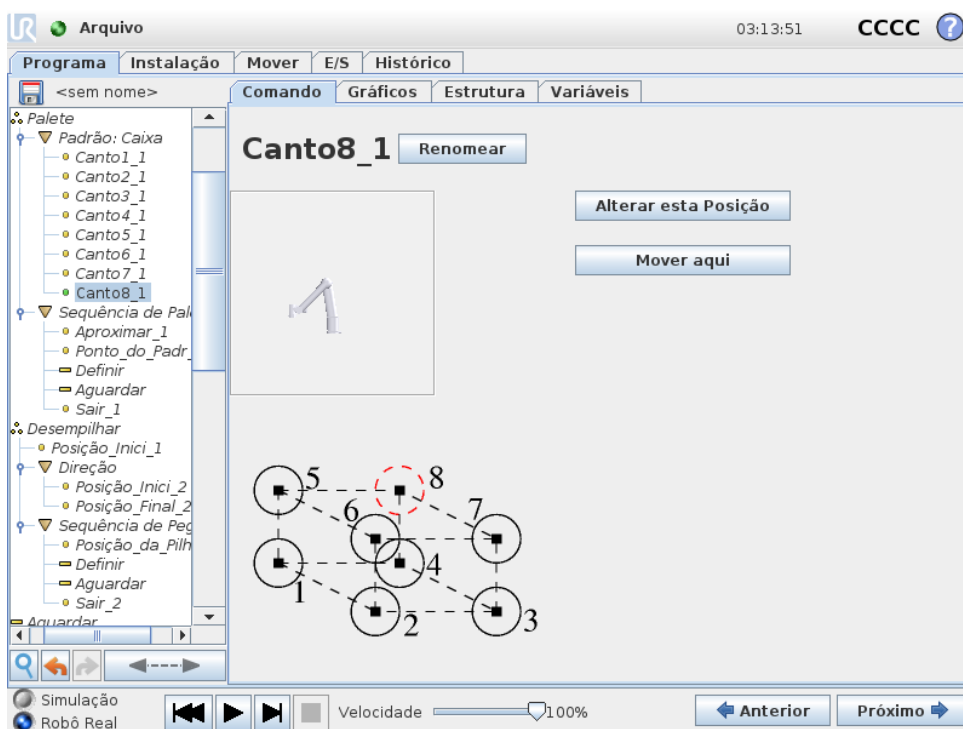
O comando **Padrão** pode ser usado para realizar o ciclo pelas posições no programa do robô. O comando **Padrão** corresponde a uma posição em cada execução.

Um padrão pode ser fornecido como um de quatro tipos. Os três primeiros, **Linha**, **Quadrado** ou **Caixa**, podem ser usados para posições em um padrão regular. Os padrões regulares são definidos por diversos pontos característicos, sendo que os pontos definem as extremidades do padrão. Para **Linha**, seriam os dois pontos das extremidades, para o **Quadrado**, seriam três dos quatro pontos dos cantos, enquanto que para a **Caixa**, seriam quatro dos oito pontos dos cantos. O programador insere o número de posições juntamente com cada uma das extremidades do padrão. O controlador do robô calcula, então, as posições do padrão individual, adicionando proporcionalmente os vetores das extremidades.

Se as posições a serem percorridas não tiverem um padrão regular, a opção **Lista** pode ser escolhida, em que uma lista de todas as posições é fornecida pelo programador. Dessa forma, qualquer tipo de organização das posições pode ser realizado.

Como definir o Padrão

Quando o padrão **Caixa** for selecionado, a tela mudará para o que está mostrado abaixo.



Um padrão **Caixa** usa três vetores para definir o lado da caixa. Esses três vetores são fornecidos como quatro pontos, sendo que o primeiro vetor vai do ponto um para o ponto dois, o segundo vetor vai do ponto dois para o ponto três e o terceiro vetor vai do ponto três para o ponto quatro. Cada vetor é dividido pelos números da contagem do intervalo. Uma posição específica no padrão é calculada simplesmente adicionando os vetores do intervalo proporcionalmente.

Os padrões **Linha** e **Quadrado** funcionam da mesma maneira.

Uma variável do contador é usada percorrendo as posições do padrão. O nome da variável pode ser visto na tela do comando **Padrão**. A variável faz o ciclo pelos números de 0 a $X * Y * Z - 1$, o número de pontos no padrão. Essa variável pode ser manipulada por meio de designações e usada em expressões.

14.25 Comando: Força

No espaço de trabalho do robô, o **Modo Força** permite a compatibilidade e força nos eixos selecionáveis. Todos os movimentos do braço do robô sob um comando de **Força** estão no **Modo Força**. Quando o braço do robô estiver se movimentando no **Modo Força**, é possível selecionar um ou mais eixos aos quais o braço do robô é compatível. O braço do robô é compatível com o meio ambiente ao longo de eixos compatíveis. Isso significa que o braço do robô automaticamente ajusta sua posição para atingir a força desejada. Também é possível fazer com que o próprio braço do robô aplique uma força em seu ambiente, por exemplo, em uma peça de trabalho.

O **Modo Força** é adequado para aplicações onde a posição real do TCP ao longo de um eixo predefinido não é importante, mas em vez disso uma força desejada ao longo desse eixo é necessária. Por exemplo, se o TCP do robô rolar contra uma superfície curva, empurrar ou puxar uma peça de trabalho. O **Modo Força** também suporta aplicar determinados torques em torno de eixos predefinidos.

Observação: se nenhum obstáculo for encontrado em um eixo em que uma força diferente de

zero é definida, o braço do robô tentará acelerar ao logo desse eixo.

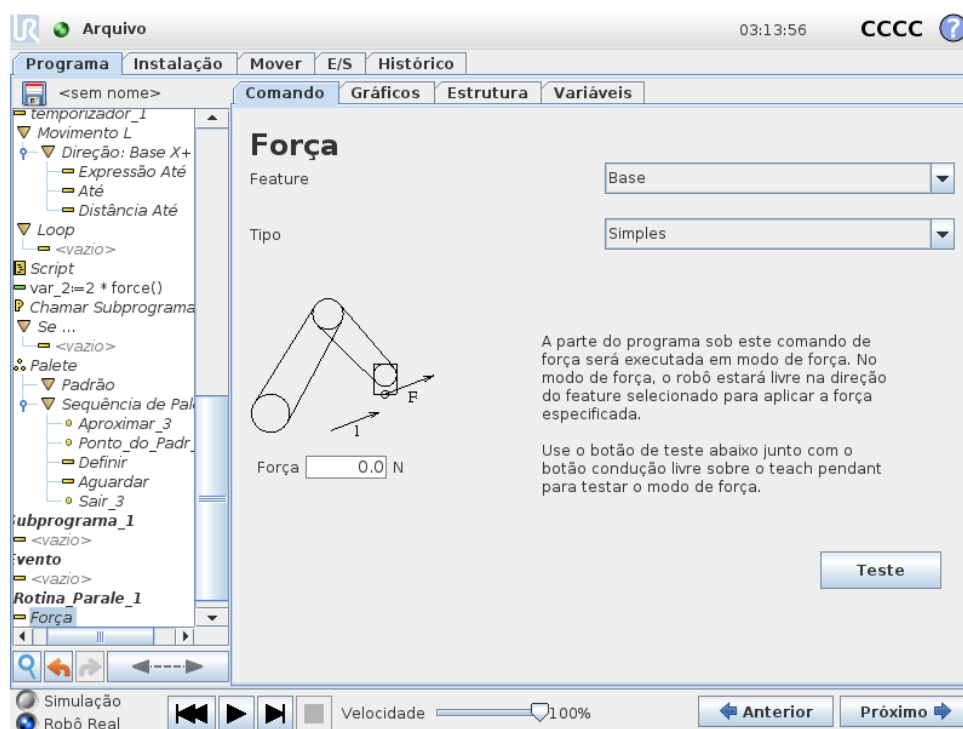
Apesar de um eixo ter sido selecionado para compatibilidade, o programa do robô ainda tenta mover o robô ao longo desse eixo. No entanto, o controle da força assegura que o braço do robô ainda se aproxima da força especificada.

**NOTA:**

Se há um nó de Força dentro de um Se, Também Se ou Loop, e a opção Verificar Expressão Continuamente for selecionada, é possível adicionar uma cadeia de caracteres `modo().força_final` ao final da expressão para sair do controle de força.

**ALERTA:**

1. Evite a desaceleração elevada antes de entrar o modo força.
2. Evite a aceleração elevada no modo força, uma vez que isso diminui a exatidão do controle de força.
3. Evite movimentos paralelos aos eixos compatíveis antes de entrar no modo força.



Seleção de recurso

O menu **Recurso** é usado para selecionar o sistema de coordenadas (eixos) que o robô usará enquanto estiver operando no modo força. Os recursos no menu são aqueles que foram definidos na instalação, (consulte 13.12).

Tipo do modo força

Há quatro tipos diferentes do modo força, cada um determinando a maneira como o recurso selecionado será interpretado.

- **Simples:** Somente um eixo será compatível no modo força. A força ao longo desse eixo é ajustável. A força desejada sempre será aplicada ao longo do eixo z do recurso selecionado. No entanto, para recursos Linha, é ao longo do eixo y.
- **Quadro:** O tipo Quadro permite uso mais avançado. Aqui, compatibilidade e forças em todos os seis graus de liberdade podem ser selecionados de forma independente.
- **Ponto:** Quando o Ponto é selecionado, o quadro da tarefa tem o eixo y apontando a partir do robô TCP para a origem do recurso selecionado. A distância entre o robô TCP e a origem do recurso selecionado precisa ser pelo menos 10 mm. Note que o quadro da tarefa será alterado no tempo de execução conforme a posição do robô TCP muda. Os eixos x e z do quadro da tarefa dependem da orientação original do recurso selecionado.
- **Movimento:** Movimento significa que o quadro da tarefa mudará com a direção do movimento do TCP. O eixo x do quadro da tarefa será a projeção da direção do movimento do TCP para o plano que se estende dos eixos x e y do recurso selecionado. O eixo y será perpendicular à movimentação do braço do robô e o plano x-y do recurso selecionado. Isso pode ser útil ao rebarbar ao longo de um caminho complexo, onde é necessária uma força perpendicular ao movimento TCP.

Nota: quando o braço do robô não estiver se movendo: Se o modo de força for inserido com o braço do robô parado, não haverá nenhum eixo compatível até a velocidade do TCP estar acima de zero. Se mais tarde, enquanto ainda estiver no modo de força, o braço robótico estiver parado novamente, o quadro de tarefa tem a mesma orientação que da última vez que a velocidade TCP era maior que zero.

Para os três últimos tipos, o quadro de tarefa real pode ser visualizado no tempo de execução na guia de gráficos (consulte 14.30), quando o robô estiver operando no modo de força.

Seleção do valor da força

- O valor de força ou torque pode ser definido para eixos compatíveis, e o braço do robô ajusta a sua posição para alcançar a força selecionada.
- Para eixos não compatíveis, o braço do robô seguirá a trajetória definida pelo programa.

Para parâmetros de conversão, a força é especificada em Newtons [N], e para rotação, o torque é especificado em Newton-metro [Nm].



NOTA:

Você deve fazer o seguinte:

- Use a função de script `get_tcp_force()` no thread separado, para ler a força e o torque reais.
- Corrija o vetor de chave, se a força e/ou torque real for menor do que o solicitado.

Seleção de limites

Para todos os eixos, um limite pode ser definido, mas eles têm diferente significado correspondente aos eixos compatíveis ou não compatíveis.

- **Compatível:** O limite é a velocidade máxima que o TCP pode atingir ao longo/próximo ao eixo. As unidades são [mm/s] e [graus/s].
- **Não compatível:** O limite é o desvio máximo da trajetória do programa que é permitido antes que o robô seja parado por segurança. As unidades são [mm] e [graus].

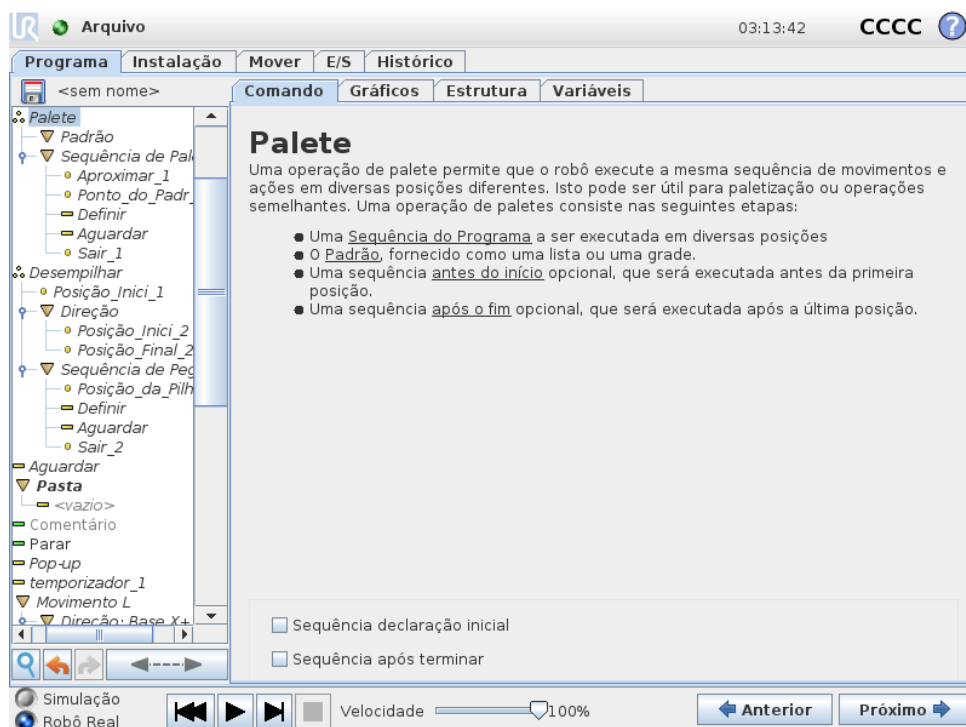
Testar configurações da força

O botão liga/desliga com o texto **Teste** alterna o comportamento do botão **Condução Livre** na parte traseira do Teach Pendant do modo Condução Livre normal para testar o comando de força.

Quando o **botão Teste** está ativado e o botão **Condução Livre** na parte traseira do Teach Pendant for pressionado, o robô será executado como se o programa tivesse atingido esse comando de força e, dessa maneira, as configurações podem ser verificadas antes de realmente executar o programa completo. Essa possibilidade é especialmente útil para verificar se eixos compatíveis e forças foram selecionados corretamente. Basta segurar o TCP do robô usando uma mão, pressionar o botão **Condução Livre** com a outra e observar em quais direções o braço robô pode/não pode ser movido. Ao sair dessa tela, o botão Teste é desativado automaticamente, o que significa que o botão **Condução Livre** na parte traseira do Teach Pendant será usado novamente para o modo de **Condução Livre**.

Nota: O botão **Condução Livre** estará disponível somente quando um recurso válido tiver sido selecionado para o comando de Força.

14.26 Comando: Paleta



Uma operação de paleta pode executar uma sequência de movimentações em um conjunto de locais fornecido como padrão (consulte 14.24). Em cada uma das posições no padrão, a sequência de movimentações será executada em relação à posição do padrão.

Como programar uma operação de paleta

1. Defina o padrão.
2. Crie uma **Sequência de Paletes** para pegar/colocar em cada ponto específico. A sequência descreve o que deve ser feito na posição de cada padrão.
3. Use o seletor na tela de comandos de sequência para definir quais dos pontos de rota na sequência devem corresponder às posições do padrão.

Sequência de Paletes/Sequência que pode ser ancorada

Em um nó da **Sequência de Paletes**, as movimentações do braço do robô são relativas à posição do paleta. O comportamento de uma sequência é tal que o braço do robô estará na posição especificada pelo padrão na **Posição da Âncora/Ponto do Padrão**. As posições restantes serão todas movidas para fazer isso se ajustar. Não use o comando **Mover** dentro de uma sequência, pois não será relativo à posição da âncora.

“Antes de Iniciar”

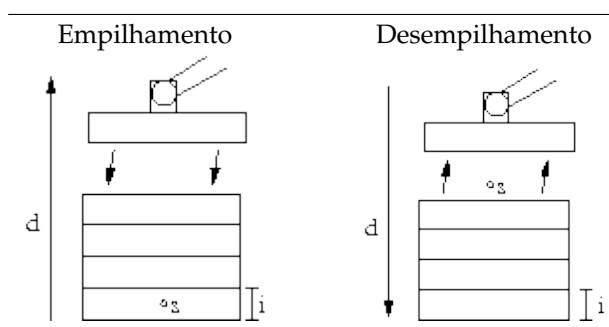
A sequência opcional **Antes de Iniciar** é executada imediatamente antes da operação iniciar. Isso pode ser usado para esperar por sinais de pronto.

“Após Concluir”

A sequência opcional **Após Concluir** é executada quando a operação for concluída. Isso pode ser usado para sinalizar o início da movimentação da esteira, preparando para o próximo plete.

14.27 Comando: Buscar

Uma função de busca usa um sensor para determinar quando a posição correta for atingida para segurar ou soltar um item. O sensor pode ser um interruptor, um sensor de pressão ou um sensor capacitivo. Essa função é feita para trabalhar em pilhas de itens com espessuras variadas de itens ou quando as posições exatas dos itens não são conhecidas ou são muito difíceis de programar.



Ao programar uma operação de busca para trabalhar em uma pilha, deve-se definir s como o ponto de início, d como a direção da pilha e i como a espessura dos itens na pilha.

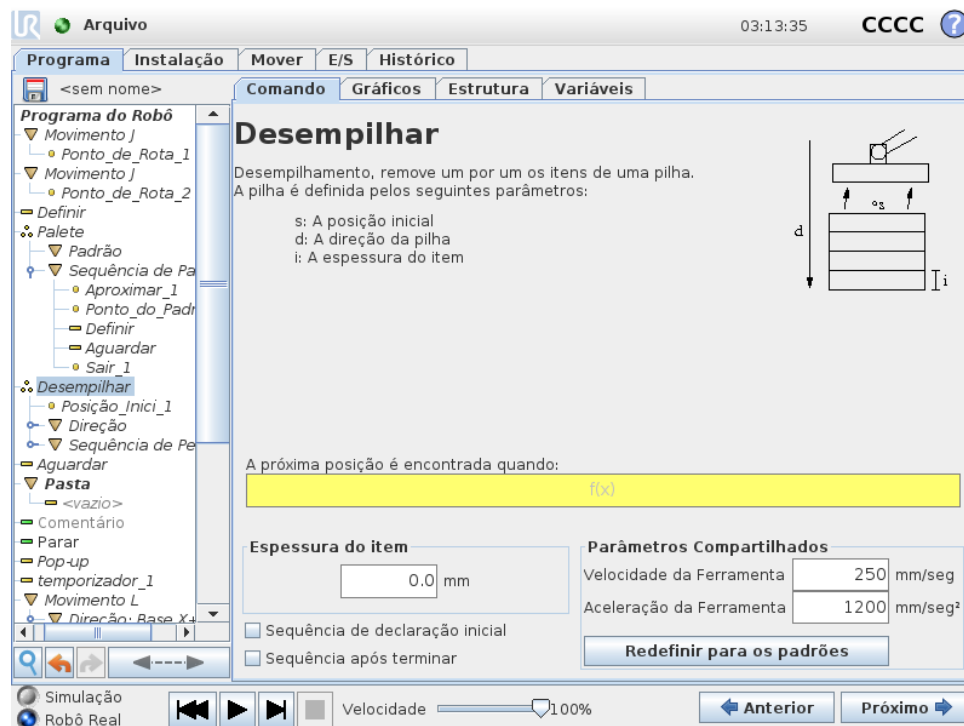
Além disso, deve-se definir a condição para quando a posição da próxima pilha for atingida e uma sequência especial do programa que será executada em cada uma das posições da pilha. Além disso, velocidade e acelerações precisam ser fornecidas para o movimento envolvido na operação da pilha.

Empilhamento



Ao empilhar, o braço do robô se move para a posição inicial s e, em seguida, move na direção *oposta* para procurar a posição da próxima pilha. Quando localizada, o robô se lembra da posição e executa a sequência especial. Na próxima vez, o robô inicia a pesquisa a partir da posição lembrada incrementada pela espessura do item ao longo da direção. O empilhamento é concluído quando a altura da pilha estiver acima de algum número definido ou quando um sensor fornecer um sinal.

Desempilhamento

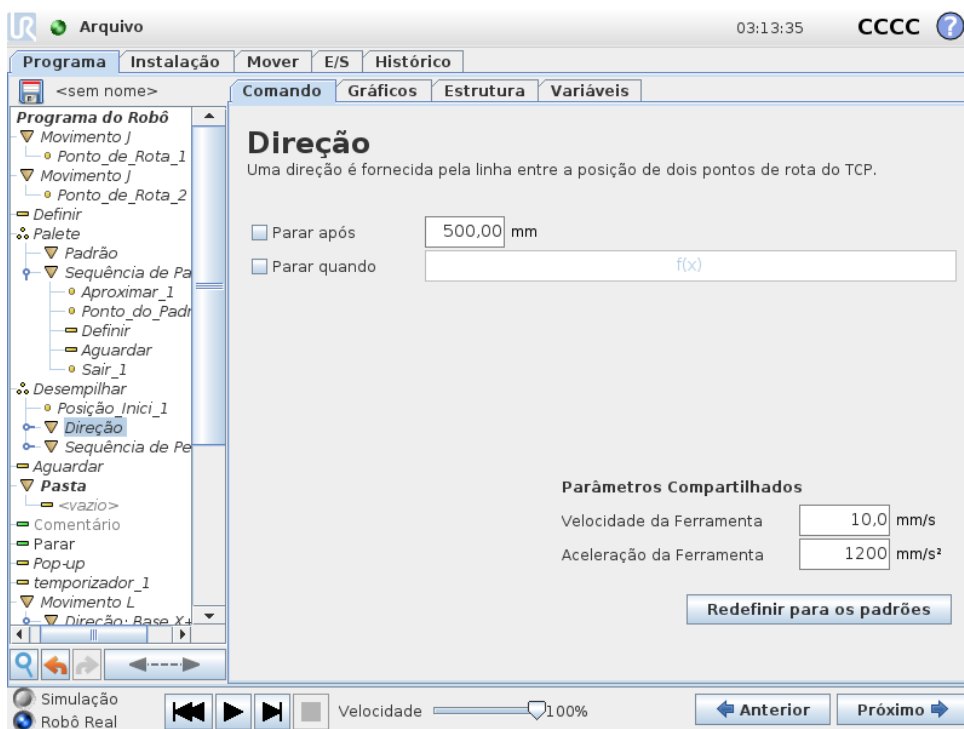


Ao desempilhar, o braço do robô se move da posição inicial na direção determinada para pesquisar o próximo item. A condição na tela determina quando o próximo item é alcançado. Quando a condição é satisfeita, o robô se lembra da posição e executa a sequência especial. Na próxima vez, o robô inicia a pesquisa a partir da posição lembrada, incrementada pela espessura do item ao longo da direção.

Posição inicial

A posição inicial é onde a operação de pilha é iniciada. Se a posição inicial for omitida, a pilha iniciará na posição atual do braço do robô.

Direção



A direção é fornecida por duas posições e é calculada como a diferença de posição das primeiras posições TCP para as segundas posições TCP.

Nota: Uma direção não considera as orientações dos pontos.

Expressão da Próxima Posição de Empilhamento

O braço do robô se move ao longo do vetor enquanto avalia de forma contínua se a próxima posição da pilha foi atingida. Quando a expressão é avaliada para True a sequência especial é executada.

“Antes de Iniciar”

A sequência opcional `Antes de Iniciar` é executada imediatamente antes da operação iniciar. Isso pode ser usado para esperar por sinais de pronto.

“Após Concluir”

A sequência opcional `Após Concluir` é executada quando a operação for concluída. Isso pode ser usado para sinalizar o início da movimentação da esteira, preparando para a próxima pilha.

Sequência de Coletar/Posicionar

A Sequência de Coletar/Posicionar é uma sequência de programa especial realizada em cada posição da pilha, semelhante à operação de paletes (consulte 14.26).

14.28 Comando: Correia transportadora

O robô pode ser configurado para acompanhar o movimento de uma correia transportadora configurada (Transportador 1). Quando o **Acompanhamento da Correia** definido na instalação

está configurado corretamente, o robô ajusta os seus movimentos para seguir a correia transportadora. O nó do programa **Acompanhamento da Correia** está disponível na guia **Assistentes** na guia **Estrutura**. Todos os movimentos neste nó são permitidos durante o acompanhamento da correia transportadora, mas são relativos ao movimento da correia transportadora. A configuração **Acompanhamento da Correia** na guia **Instalação** (consulte a seção 13.13) oferece opções para configurar o robô para trabalhar com codificadores absolutos e incrementais, assim como com correias transportadoras lineares e circulares.

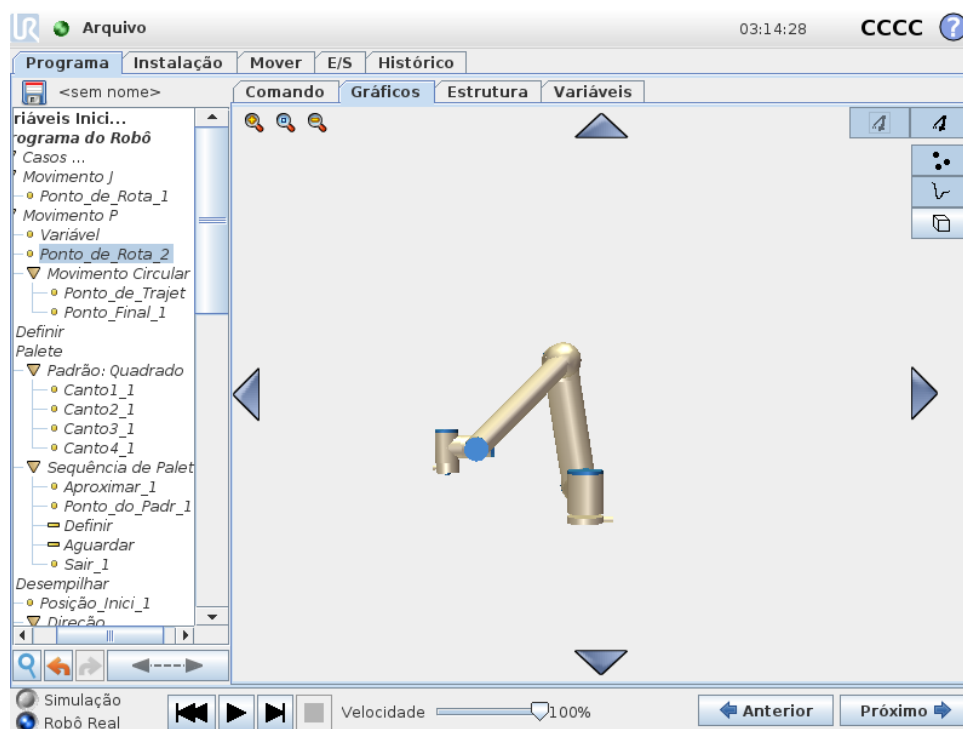
**NOTA:**

A Caixa de Controle só pode acomodar um codificador incremental que deve ser usado com um transportador (Transportador 1).

14.29 Comando: Suprimir

Linhas do programa suprimidas são simplesmente ignoradas quando o programa é executado. Uma linha suprimida pode deixar de ser suprimida novamente posteriormente. Essa é uma maneira fácil de fazer alterações em um programa sem destruir o conteúdo original.

14.30 Guia Gráficos



Representação gráfica do programa atual do robô. O caminho do TCP é mostrado na visualização 3D, com segmentos de movimentação em preto e segmentos de união (transições entre segmentos de movimentação) mostrados em verde. Os pontos verdes especificam as posições do TCP em cada um dos pontos de rota no programa. O desenho 3D do braço do robô mostra a posição atual do braço, e sua *sombra* mostra como o braço do robô pretende chegar ao ponto de rota selecionado do lado esquerdo da tela.

Se a posição atual do TCP do robô se aproximar de um plano de segurança ou de acionamento, ou a orientação da ferramenta do robô estiver perto do limite de orientação da ferramenta (consulte 10.12), uma representação 3D do limite será exibida.

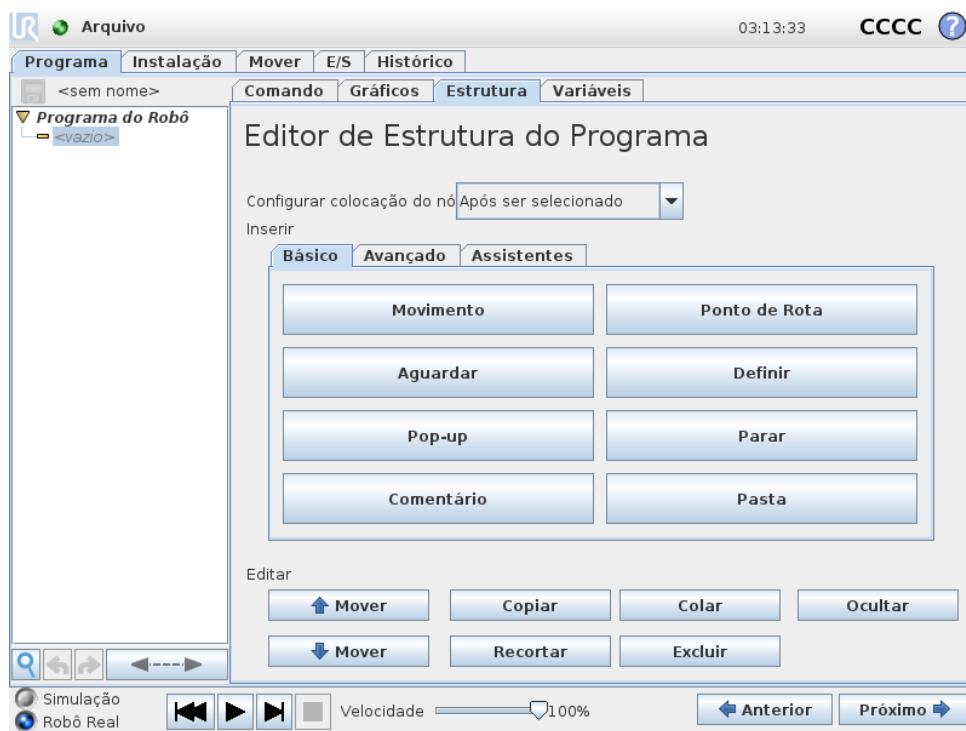
Nota: quando o robô está executando um programa, a visualização dos limites de fronteira será desativada.

Os planos de segurança são visualizados em amarelo e preto, com uma pequena seta que representa o plano normal, que indica a lateral do plano no qual o TCP do robô pode ser posicionado. Os planos de acionamento são exibidos em azul e verde e uma seta pequena aponta na direção da lateral do plano, onde os limites do modo **Normal** (ver 10.6) estão ativos. O limite de orientação da ferramenta é visualizado com um cone esférico junto a um vetor que indica a orientação corrente da ferramenta do robô. O interior do cone representa a área permitida para a orientação da ferramenta (vetor).

Quando o TCP do robô em questão não estiver mais na proximidade do limite, a representação 3D desaparece. Se o TCP violar ou estiver a ponto de violar um limite, a visualização do limite fica vermelha.

A visualização 3D pode ter zoom aplicado e pode ser girada para se ter uma melhor visualização do braço do robô. Os botões do lado superior direito da tela podem desativar os vários componentes gráficos na visualização 3D. O botão inferior liga/desliga a visualização dos limites mais próximos. Os segmentos de movimentação mostrados dependem do nó do programa selecionado. Se um nó **Mover** for selecionado, o caminho exibido será a movimentação definida por esse movimento. Se um nó **Ponto de Rota** for selecionado, a exibição mostra as ~ 10 etapas de movimento a seguir.

14.31 Guia Estrutura



A guia de estrutura do programa fornece uma oportunidade de inserir, mover, copiar e remover os vários tipos de comandos.

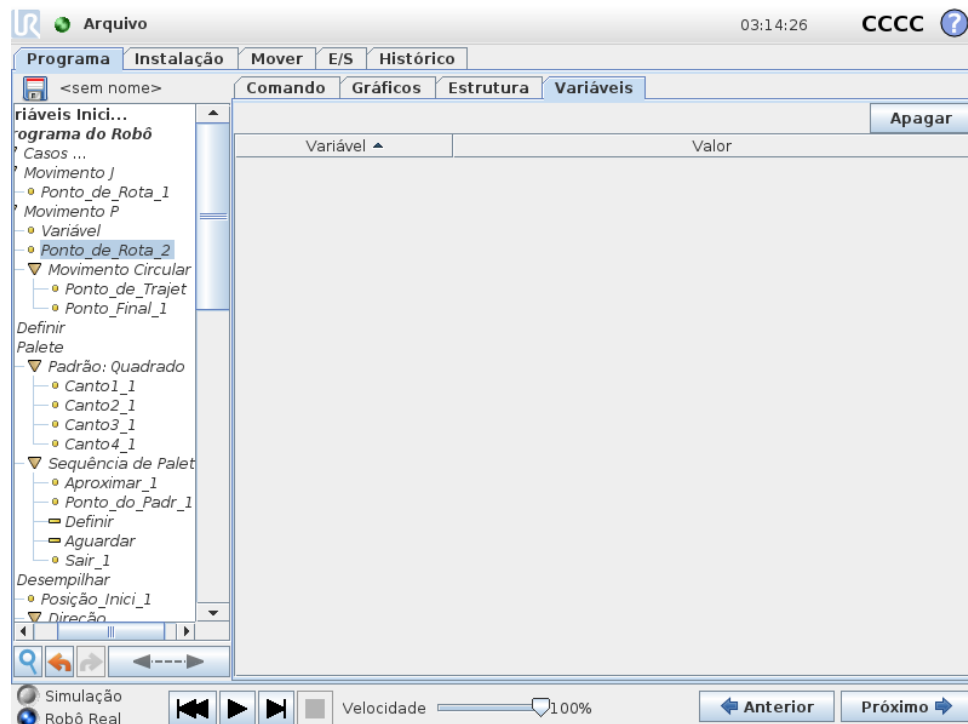
Para inserir novos comandos, execute as etapas a seguir:

1. Selecione um comando de programa existente.
2. Selecione se o novo comando deve ser inserido acima ou abaixo do comando selecionado.
3. Pressione o botão para o tipo de comando que deseja inserir. Para ajustar os detalhes do novo comando, acesse a guia **Comando**.

Comandos podem ser movidos/clonados/excluídos usando os botões do quadro de edição. Se um comando tiver subcomandos (um triângulo ao lado do comando), todos os subcomandos também serão movidos/clonados/excluídos.

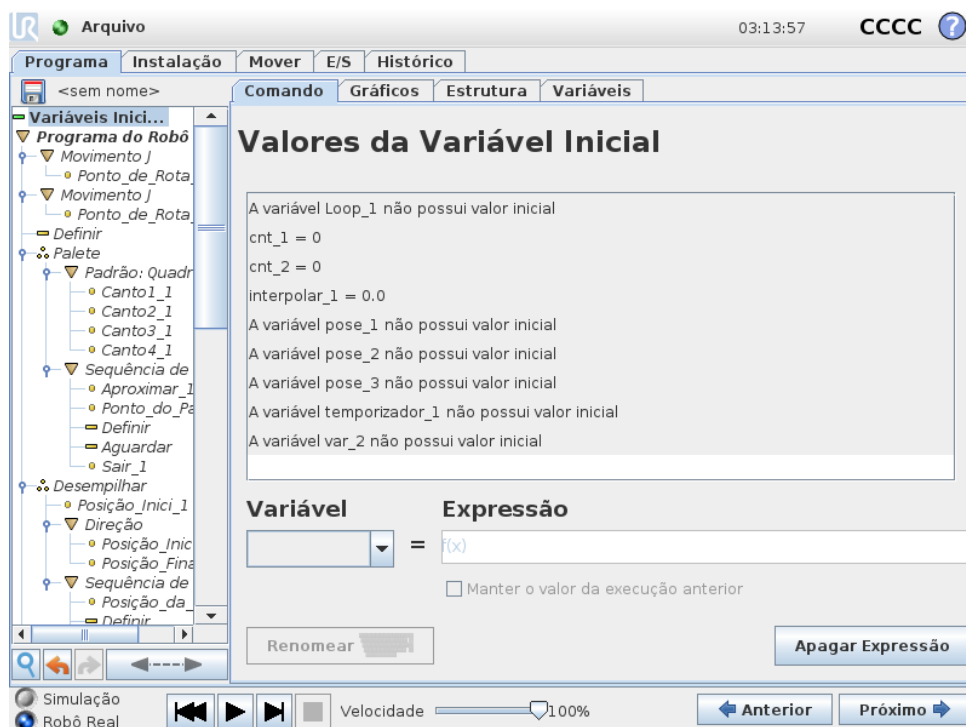
Nem todos os comandos se encaixam em todos os locais de um programa. Pontos de Rota devem estar sob um comando Mover (não necessariamente diretamente abaixo). Os comandos **ElseIf** e **Else** precisam estar após um **If**. Em geral, mover comandos **Senão Se** pode ser confuso. As variáveis precisam ter valores designados antes de serem usadas.

14.32 Guia Variáveis



A guia **Variáveis** mostra os valores ativos das variáveis no programa em execução e mantém uma lista de variáveis entre execuções do programa. Ela aparece somente quando tem informações para exibir. As variáveis são ordenadas por ordem alfabética. Os nomes das variáveis nessa tela são mostrados com no máximo 50 caracteres e os valores das variáveis são mostrados com no máximo 500 caracteres.

14.33 Comando: Inicialização de Variáveis



Essa tela permite definir valores de variáveis antes que o programa (e quaisquer threads) inicie a execução.

Selecione uma variável na lista de variáveis clicando na mesma ou usando a caixa seletora da variável. Para uma variável selecionada, pode ser inserida uma expressão que será usada para definir o valor da variável no início do programa.

Se a caixa de opção **Manter o valor da última execução** for selecionada, a variável será inicializada com o valor encontrado na guia **Variáveis** (veja 14.32). Isso permite que as variáveis mantenham seus valores entre execuções do programa. A variável obterá seu valor da expressão se o programa for executado pela primeira vez ou se a guia de valor tiver sido limpa.

Uma variável pode ser excluída do programa definindo-se seu nome para em branco (somente espaços).

15 Tela de configuração



- **Inicializar Robô** Direciona para a tela de inicialização, consulte 11.5.
- **Idioma e Unidades** Configure o idioma e as unidades de medida da interface de usuário. Consulte 15.1.
- **Atualizar Robô** Atualiza o software do robô para uma versão mais recente, consulte 15.2.
- **Definir Senha** Facilita bloquear a parte da programação do robô para evitar o acesso de pessoas sem a senha, consulte 15.3.
- **Calibrar Tela** Calibra o “toque da tela”. Consulte 15.4.
- **Configurar Rede** Abre a interface para configurar a rede Ethernet para a caixa de controle do robô, consulte 15.5.
- **Definir Hora** Configura a data e hora do sistema, bem como os formatos de exibição do relógio, consulte 15.6.
- **Configuração URCaps** Visão geral das URCaps instaladas, bem como opções para a instalação e desinstalação, consulte 15.7.
- **Voltar** Retorna à Tela de boas-vindas.

15.1 Idioma e Unidades

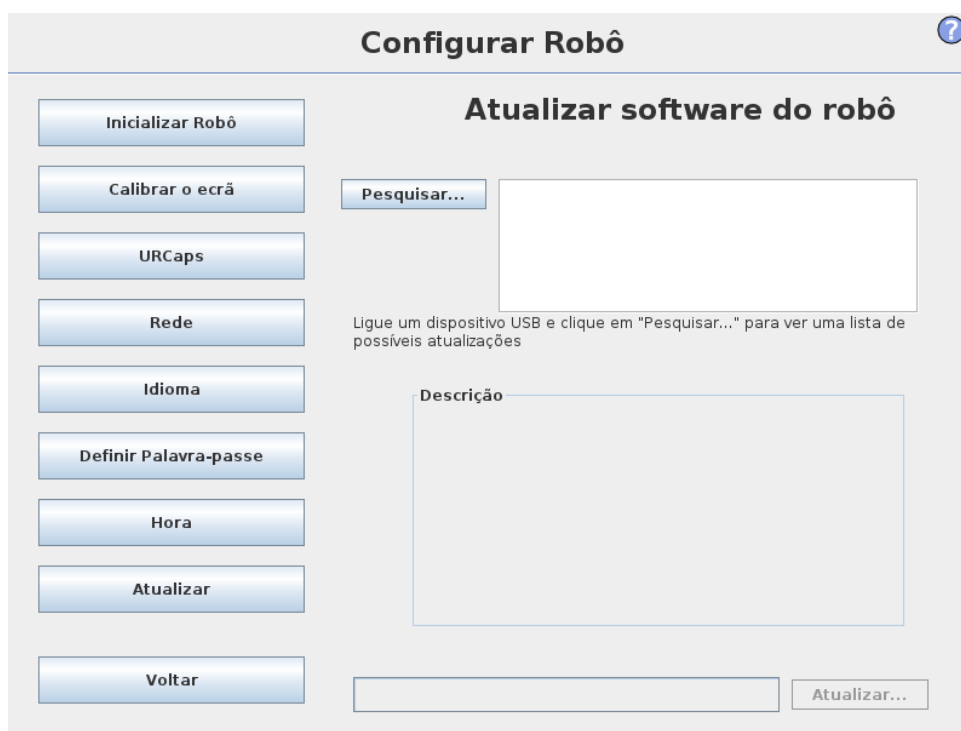


O idioma, as unidades e o idioma do teclado usados no PolyScope podem ser selecionados nessa tela.

O idioma selecionado é utilizado nos textos das várias telas do PolyScope, bem como nas telas de ajuda incorporadas. Marque “Programação em Inglês” para ver os nomes dos comandos dos programas do robô em inglês. O PolyScope precisa ser reiniciado para que as alterações tenham efeito.

O idioma do teclado selecionado será utilizado em todos os teclados de pop-up no PolyScope.

15.2 Atualizar Robô



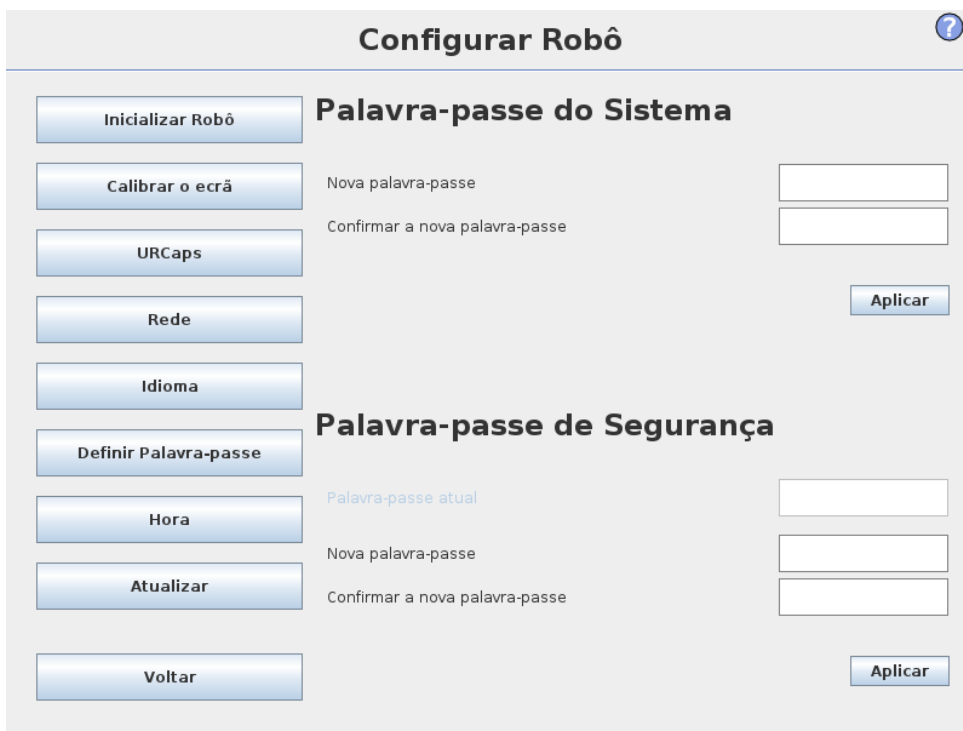
As atualizações de software podem ser instaladas a partir memória flash USB. Insira uma memória USB e clique em **Pesquisar** para listar seu conteúdo. Para executar uma atualização, selecione um arquivo, clique em **Atualizar** e siga as instruções na tela.



ALERTA:

Sempre verifique seus programas após uma atualização de software. A atualização pode alterar trajetórias em seu programa. As especificações de atualização de software podem ser encontradas pressionando o botão "?", localizado no canto superior direito da interface. As especificações hardware permanecem as mesmas e podem ser encontradas no manual original.

15.3 Definir Senha



Duas senhas são suportadas. A primeira é uma senha de Sistema *opcional* que impede a modificação não autorizada da configuração do robô. Quando a senha do Sistema é definida, os programas podem ser carregados e executados sem a senha, mas o usuário deve digitar a senha correta para criar ou alterar programas.

A segunda é uma senha de Segurança *necessária* que deve ser inserida corretamente para modificar a configuração de segurança.



NOTA:

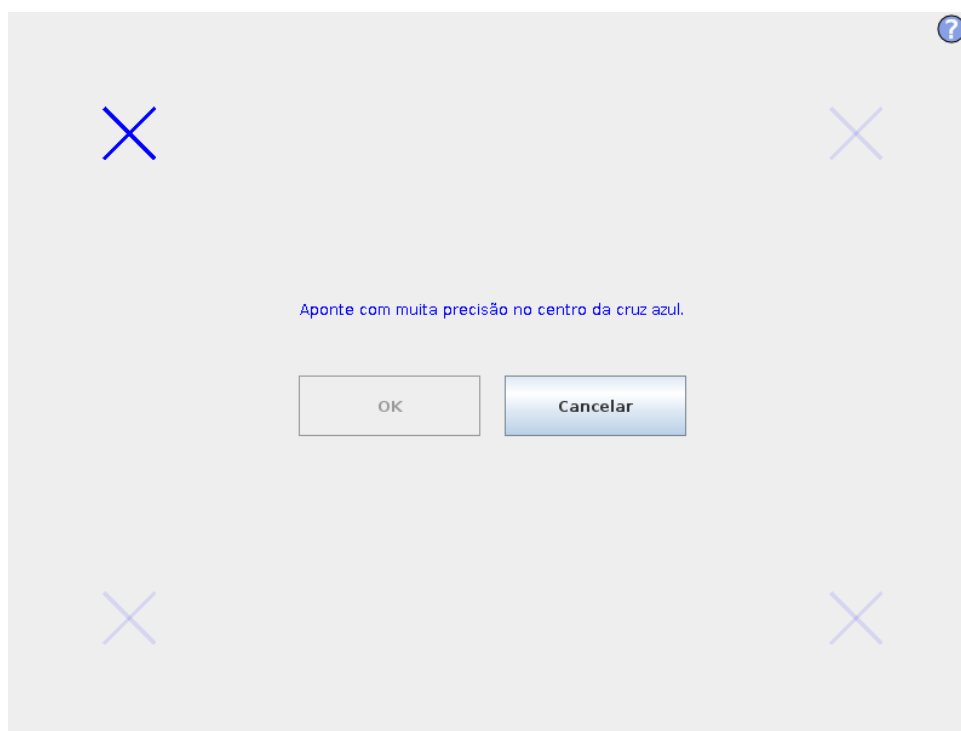
Para alterar a configuração de segurança, a senha de segurança deve ser definida.



ALERTA:

Adicione uma senha de Sistema para impedir que pessoas não autorizadas alterem a instalação do robô.

15.4 Calibrar Tela



Calibrando a touchscreen. Siga as instruções da tela para calibrar a touchscreen. Preferivelmente, use um objeto pontudo não metálico, como uma caneta fechada. Paciência e cuidado ajudam a obter um melhor resultado.

15.5 Configurar Rede



Painel para configurar a rede Ethernet. Uma conexão Ethernet não é necessária para as funções básicas do robô e é desativada por padrão.

15.6 Definir Hora

Configura a data e hora do sistema, assim como os formatos de exibição do relógio. O relógio é exibido na parte superior das telas *Executar Programa* e *Programar Robô*. Ao tocar nele, a data será rapidamente mostrada. A interface precisa ser reiniciada para que as alterações tenham efeito.

15.7 Configuração de URCaps



No topo da lista há uma visão geral de todos os *URCaps* instalados. Clicar em um URCap exibe sua informação meta (incluindo o nome do URCap, a versão, licença, etc.) na área *Informações URCap* na lista abaixo.

Clique no botão + na parte inferior da tela para instalar um novo URCap. Um seletor de arquivos é mostrado onde um arquivo `.urcap` pode ser selecionado. Clique em *Abrir* e PolyScope voltará à tela de configuração. O URCap selecionado será instalado e uma entrada correspondente aparecerá na lista logo em seguida. Os URCaps recém-instalados ou desinstalados exigem que o PolyScope seja reiniciado e o botão *Reiniciar* será ativado.

Para desinstalar um URCap, basta selecionar o URCap na lista e clicar no botão -. O URCap desaparecerá da lista, mas uma reinicialização ainda é necessária.

Na lista, o ícone mostrado ao lado de uma entrada indica o estado do URCap. Os diferentes estados são definidos a seguir:

- ✓ *URCap ok*: O URCap está instalado e funcionando normalmente.
- ⚠ *URCap com falha*: O URCap está instalado, mas não conseguiu iniciar. Entre em contato com o desenvolvedor do URCap.
- 🔄 *É necessário reiniciar o URCap*: O URCap acaba de ser instalado e é necessário reiniciá-lo.