



FIRST[®] GAME CHANGERSSM powered by Star Wars: Force for Change

Torneio SESI de Robótica *FIRST[®]* Robotics
Competition

Manual dos Desafios

1 INTRODUÇÃO

1.1 Sobre a FIRST®

A FIRST® (For Inspiration and Recognition of Science and Technology) foi fundada pelo inventor Dean Kamen para despertar o interesse de jovens por ciência e tecnologia. Uma comunidade de robótica que prepara os jovens para o futuro, a FIRST é uma organização sem fins lucrativos para jovens, líder no mundo na promoção da educação STEM. Durante 30 anos, a FIRST tem combinado o rigor da aprendizagem STEM com a diversão e o entusiasmo dos esportes tradicionais e a inspiração que vem da comunidade, através de programas que têm um impacto comprovado na aprendizagem, interesse e construção de competências dentro e fora da sala de aula.

A FIRST oferece programas que abrangem as mais diversas faixas etárias:

- A FIRST® Robotics Competition para alunos do 9º ano do ensino fundamental ao 3º ano do ensino médio, idades 14-18
 - O FIRST® Tech Challenge para alunos do 7º ano do ensino fundamental ao 3º ano do ensino médio, idades 12-18
 - A FIRST® LEGO® League para alunos do jardim de infância ao 8º ano do ensino fundamental, idades 4-16*
 - o O Desafio FIRST® LEGO® League para alunos do 4º ao 8º ano do ensino fundamental (idades 9-16*)
 - o O FIRST® LEGO® League Explore para alunos do 2º ao 4º ano do ensino fundamental (idades 6-10)
 - o O FIRST® LEGO® League Discover para alunos do jardim de infância ao 1º ano do ensino fundamental (idades 4-6)
- *As idades e os anos variam de país para país

Visite o nosso site: www.firstinspires.org para mais informações sobre a FIRST e os seus programas.

1.2 Em memória

Em Outubro de 2019, faleceu o Dr. Woodie Flowers, inovador na área de design e no ensino de engenharia, Eminentíssimo Conselheiro da FIRST e apoiador da nossa missão. Com as milhares de homenagens sinceras à Woodie vindas de todo o mundo, é evidente que o seu legado viverá para sempre através da generosidade de nossa comunidade e do nosso compromisso contínuo de empoderar os educadores e construir cidadãos globais.



Figura 1-1 Dr. Woodie Flowers, 1943-2019

1.3 FIRST® Robotics Competition

A FIRST® Robotics Competition combina o entusiasmo dos esportes com os rigores da ciência e da tecnologia. Nessa competição, equipes de alunos são desafiadas a conceber, construir e programar robôs de tamanho industrial e competir por prêmios, ao mesmo tempo que criam a identidade da equipe, angariam fundos, aperfeiçoam suas habilidades de trabalho em equipe e promovem o respeito e a valorização do STEM dentro da comunidade local.

Mentores profissionais voluntários emprestam o seu tempo e talento para orientar cada equipe. Essa é a experiência mais próxima da engenharia da vida real que um aluno pode ter. Além disso, os alunos do ensino médio têm acesso a oportunidades exclusivas de bolsas de estudo de faculdades, universidades e programas técnicos.

Antes da temporada 2021, todo mês de janeiro, um jogo novo e desafiador era apresentado durante um evento conhecido como "Kickoff" ou evento de lançamento. Devido à temporada 2020 ter sido interrompida pela pandemia da COVID-19, o Evento de lançamento de 2021 apresentou uma versão modificada do jogo de 2020, INFINITE RECHARGESM. As competições são emocionantes e combinam a aplicação prática da ciência e tecnologia com a diversão, energia e entusiasmo intensos de um evento esportivo ao estilo de um Torneio. Incentivamos as equipes a mostrar *Gracious Professionalism*[®], ajudar outras equipes e cooperar enquanto competem. Isso é conhecido como *Coopertition*[®].

Em 2021, o desafio Off Season para equipes brasileiras estará dividido em dois segmentos.

1. O desafio **INFINITE RECHARGE em Casa** convida as equipes a participarem de duas maneiras: competindo por Prêmios de Máquina usando o seu robô 2020/2021 e competindo num Competição de Habilidades, uma série de desafios para as equipes que têm acesso ao seu robô.
2. O **Desafio de Inovação apresentado pela Qualcomm** convida as equipes a identificar um problema global da vida real e a desenvolver uma solução inovadora.

1.4 *Gracious Professionalism*[®], uma filosofia da FIRST[®]

O *Gracious Professionalism*[®] faz parte do espírito da FIRST e é uma forma de incentivar o trabalho de alta qualidade, enfatizar o valor do próximo e respeitar os indivíduos e a comunidade.

Não definimos o *Gracious Professionalism* de forma clara por um motivo: ele pode e deve significar coisas diferentes para cada um.

Alguns possíveis significados de *Gracious Professionalism* incluem:

- Atitudes e comportamentos generosos beneficiam a todos.
- Pessoas que usam o *Gracious Professionalism* respeitam os outros e demonstram esse respeito através de suas ações.
- Profissionais possuem conhecimentos especiais e a sociedade confia neles para utilizar esse conhecimento de forma responsável.
- *Gracious Professionals* fazem contribuições valiosas de uma forma que agrada aos outros e a eles mesmos.

No contexto da FIRST, isso significa que todas as equipes e participantes devem:

- Aprender a ser adversárias fortes, mas também tratar umas às outras com respeito e bondade no processo.
- Evitar deixar qualquer pessoa sentir-se excluída ou não valorizada.

2021 FIRST® Robotics Competition

Deve haver uma combinação fácil e genuína de conhecimento, orgulho e empatia.

No fim das contas, o *Gracious Professionalism* faz parte da busca por uma vida significativa. Quando os profissionais usam seu conhecimento de forma gentil e os indivíduos agem com integridade e sensibilidade, todos ganham e beneficiam a sociedade.



O espírito da FIRST busca incentivar a realização de um trabalho de alta qualidade e bem fundamentado, de forma que todos se sintam valorizados. O Gracious Professionalism é uma boa maneira de descrever parte do espírito do FIRST. É uma das partes que tornam a FIRST uma organização diferente e maravilhosa.

*- Dr. Woodie Flowers, (1943 - 2019),
Eminente Conselheiro da FIRST*

Vale a pena dedicar um tempo para debater esse conceito com a sua equipe e reforçá-lo regularmente. Recomendamos que dê a sua equipe exemplos de *Gracious Professionalism* na prática, tais como quando uma equipe empresta materiais ou conhecimentos valiosos à outra equipe que mais tarde irá enfrentar como adversária na competição. Destaque constantemente as oportunidades de mostrar o *Gracious Professionalism* em eventos e incentive os membros da equipe a sugerir formas de demonstrarem essa qualidade através de suas próprias atitudes e de atividades de extensão.

1.5 Coopertition®

Na FIRST, Coopertition® quer dizer demonstrar gentileza e respeito incondicionais apesar da competição acirrada. Coopertition baseia-se no conceito e filosofia de que as equipes podem e devem ajudar e cooperar umas com as outras, mesmo quando competem. Coopertition envolve aprender com os colegas de equipe e os mentores. Coopertition significa competir sempre, mas ajudar e auxiliar a outro quando possível.

Uma mensagem dos Ganhadores do Woodie Flowers Award

O Prêmio Woodie Flowers é o prêmio de mentoria de maior prestígio da FIRST. Com a aproximação dos desafios da temporada 2021, os últimos ganhadores do prêmio criaram uma mensagem importante para todas as equipes da FIRST Robotics Competition.

Fazer o seu melhor é importante. Ganhar é importante. Isto é uma competição.

No entanto, ganhar da forma certa e ter orgulho do que se conseguiu e de como se conseguiu é mais importante. A FIRST poderia criar regras e sanções para cobrir quase todos os cenários ou situações, mas preferimos um desafio de fácil compreensão, com regras mais simples, que nos permitam pensar e ser criativos nas nossas criações e soluções.

Queremos ter a certeza de que todos estão participando do jogo fazendo o seu melhor em cada desafio. Queremos ter a certeza de que estão jogando com integridade e que não estão utilizando estratégias baseadas em comportamentos questionáveis.

Enquanto a sua equipe se prepara para os desafios da temporada 2021, implementa suas ideias e soluções, executa suas estratégias e vive sua vida cotidiana, lembre-se do que o Woodie repetia várias e várias vezes, vamos 'deixar a sua avó orgulhosa'.

<i>Woodie Flowers.</i>	<i>Paul Copioli (3310, 217)</i>	<i>Fredi Lajvardi (842)</i>
<i>Liz Calef (88)</i>	<i>Rob Mainieri (812, 64, 498,</i>	<i>Lane Matheson (932)</i>
<i>Mike Bastoni (23)</i>	<i>2735, 6833)</i>	<i>Mark Lawrence (1816)</i>
<i>Ken Patton (51, 65)</i>	<i>Dan Green (111)</i>	<i>Eric Stokely (258, 360, 2557,</i>
<i>Kyle Hughes (27)</i>	<i>Mark Breadner (188)</i>	<i>& 5295)</i>
<i>Bill Beatty (71)</i>	<i>John Novak (16, 323)</i>	<i>Glenn Lee (359)</i>
<i>Dave Verbrugge (5110, 67)</i>	<i>Chris Fultz (234)</i>	<i>Gail Drake (1885)</i>
<i>Andy Baker (3940, 45)</i>	<i>John Larock (365)</i>	<i>Allen Gregory (3847)</i>
<i>Dave Kelso (131)</i>	<i>Earl Scime (2614)</i>	<i>Lucien Junkin (118)</i>

1.6 Este documento e suas convenções

O Manual do *Desafio em Casa 2021* é um recurso para todas as equipes da FIRST Robotics Competition, com informações específicas sobre os vários Desafios em Casa 2021 e os Prêmios que Tradicionalmente Requerem Envio de Materiais. Os leitores encontrarão as seguintes informações:

- uma visão geral de cada Desafio em Casa
- detalhes dos prêmios e das formas de Envio dos materiais para cada Desafio em Casa
- descrições e detalhes de como participar em cada Desafio em Casa
- regras, requisitos e/ou considerações para cada Desafio em Casa

Guias e Atividades Opcionais com ideias e outros recursos de colaboração serão fornecidos às equipes participantes nos Desafios em Casa (embora possam ser utilizados para ajudar também com outros esforços da equipe). Esses documentos são opcionais e complementares e não têm o mesmo peso que este documento.

Este documento é diferente dos manuais normalmente criados para a FIRST Robotics Competition, pois esta temporada é fora do comum; e as regras para os Desafios em Casa também são fora do comum. Elas são intencionalmente mais flexíveis do que as regras típicas das competições presenciais, para facilitar a participação de equipes com diferentes quantidades de recursos e restrições. Por essa razão, é importante que as equipes realmente se esforcem para seguir e prestar atenção ao espírito das regras.

São utilizados métodos específicos ao longo desta seção para destacar avisos, palavras-chave e frases. Estas convenções são utilizadas para alertar o leitor sobre informações importantes e destinam-se a ajudar as equipes no desenvolvimento de conteúdo para o desafio e na construção de um robô que cumpra as regras de maneira segura.

As conexões com outras seções deste manual e com artigos externos aparecem em [texto azul sublinhado](#).

As palavras-chave que têm um significado específico no contexto da FIRST Robotics Competition e dos Desafios em Casa são definidas na seção [Glossário](#) e indicadas em LETRA MAIÚSCULA ao longo deste documento.

Avisos, advertências e notas aparecem em caixas azuis como esta. Preste muita atenção aos conteúdos dessas caixas, pois eles trazem uma visão do raciocínio por trás da regra, informações úteis sobre a compreensão ou interpretação da regra, e/ou possíveis "melhores práticas" de uso na implementação de sistemas afetados pela regra.

Apesar de as caixas azuis fazerem parte do manual, elas não carregam o peso da regra em si (se houver um conflito entre uma regra e o conteúdo da caixa azul referente a ela, a regra tem precedente sobre a caixa azul).

As medidas neste manual seguem o sistema imperial e aparecerão, em parênteses, convertidas para o sistema métrico, para que os usuários desse sistema saibam o tamanho aproximado, o peso, etc. As conversões métricas que não dizem respeito a regras (por exemplo, dimensões da ARENA) serão arredondadas para o número inteiro mais próximo, por exemplo, "17 pol." (~43 cm) e "6 pés e 4 pol." (~193 cm). As conversões métricas das regras serão arredondadas de forma que a dimensão métrica esteja de acordo com a regra (ou seja, máximas serão arredondadas para baixo, mínimas arredondadas para cima). As conversões métricas são apresentadas apenas por conveniência, mas

1.7 Envio de Materiais

Para poder participar do Torneio SESI de FRC, as equipes devem fazer o upload de seu material através dos formulários abaixo. Atentando as regras de submissão e os prazos estabelecidos na seção 1.8.

Desafio de habilidades: <https://forms.gle/t69gYZj1RUbwjuAt5>

Prêmios de máquina: <https://forms.gle/5MSoVPdhqc1f7feD7>

Prêmios de Atributo de equipe: <https://forms.gle/YVc7rsvqt39oMwXj6>

Material para o FIRST Innovation Challenge: <https://forms.gle/j5Vw58R4kkvA5DhbA>

1.8 Prazos

A seguir, os prazos importantes para os desafios de 2021:

- Terça-feira, 26 de outubro, 14h (horário de Brasília) - Abertura dos formulários para envio dos materiais pertinentes a todos os desafios.
- Segunda-feira, 8 de novembro, 23h59 (horário de Brasília) - Fechamento dos formulários de todos os desafios.

As equipes que não enviaram sua participação na categoria Prêmios de Máquina do INFINITE RECHARGESM até o prazo final de 8 de novembro não serão elegíveis para competir na categoria Competição de Habilidades.

Todas as apresentações em sala ocorrerão no período entre 9 de novembro e 17 de novembro, o dia e horário exato será disponibilizado após o fechamento dos formulários de envio.

2 INFINITE RECHARGESM EM CASA

2.1 Visão geral

As equipes do O INFINITE RECHARGESM em Casa participam de eventos de duas (2) maneiras:

1. **Prêmios de Máquina:** As equipes descrevem as qualidades técnicas de seu ROBÔ, compartilhando informações com os juízes de maneira remota, para competir pelos prêmios tradicionais nessa área. Embora o acesso ao ROBÔ INFINITE RECHARGE da equipe não seja obrigatório, o acesso a fotos, vídeos ou outras formas de representação do robô é.

Embora a categoria Prêmios de Máquina não exija qualquer inspeção do ROBÔ, os ROBÔS utilizados devem, de modo geral, cumprir as regras do ROBÔ [INFINITE RECHARGE 2021](#) (ou seja, nenhuma violação grave, óbvia).

Deve-se utilizar o mesmo ROBÔ para todos os Prêmios de Máquina no INFINITE RECHARGE em Casa. No entanto, a equipe não precisa utilizar o mesmo ROBÔ na Competição de Habilidades.

2. **Competição de Habilidades:** As equipes demonstram o que seus ROBÔS e pilotos conseguem fazer em um Competição de Habilidades inspirado no jogo INFINITE RECHARGE.
 - a. As equipes devem participar da categoria Prêmios de Máquina para poder participar do Competição de Habilidades.

2.2.2 Informações sobre o Envio de Materiais

Leia as seções [Envio de materiais](#) e [Prazos](#) para saber mais detalhes. Para participar do INFINITE RECHARGE em Casa, as equipes devem se inscrever na categoria Prêmios de Máquina e fornecer os seguintes dados:

- imagem(ns) do ROBÔ
 - no mínimo, uma (1) imagem, no máximo, três (3)
 - as imagens são fornecidas para referência do painel de avaliação dos Prêmios Avaliados
 - pode ser uma foto, uma imagem CAD, esboços de elementos específicos, etc.
 - formatos aceitos incluem gif, jpg, jpeg, png.

Não há restrições de quantas vezes o ROBÔ pode aparecer em cada imagem. Por exemplo, quatro imagens do ROBÔ, salvas como um único arquivo, são consideradas uma única imagem. É importante ressaltar que os juízes são instruídos a revisar a qualidade do conteúdo; não a quantidade de informações fornecidas em uma imagem. As imagens devem ser nítidas e de fácil identificação sem exigir que o destinatário faça o dê zoom.

- Opcional - um vídeo com uma única tomada ininterrupta do ROBÔ realizando a rotina autônoma
 - obrigatório para se candidatar para o Prêmio de Automação, caso contrário, opcional
 - O vídeo pode ser da rotina autônoma tradicional do ROBÔ para o INFINITE RECHARGE ou uma rotina autônoma do Competição de Habilidades
 - Os vídeos não podem exceder três (3) minutos
 - O vídeo deverá ser enviado através de um link do Youtube

Recomendamos que as equipes usem uma resolução mínima de 720p ao gravar vídeos.

- Opcional - panfleto sobre o ROBÔ
 - limite de 1 página A4 (orientação retrato ou paisagem)
 - legível com zoom 100%
 - pdf é o único formato de arquivo aceito
 - o arquivo não pode exceder 10 MB

O tamanho da página tem por objetivo permitir as configurações padrão usadas pela maioria dos processadores de texto e slides. As equipes podem usar o tipo de arquivo que quiserem desde que o envio seja feito em pdf e atenda aos requisitos acima.

Não inclua links ou redirecionamentos para conteúdos adicionais (ex. incluir um link para página com imagens adicionais ou outros conteúdos); tais referências não serão analisadas.

2.2.1 Requisitos adicionais para o Competição de Habilidades

O Competição de Habilidades exige a participação na categoria Prêmios de Máquina. As equipes que optarem por participar do Competição de Habilidades devem fornecer suas pontuações e prova em vídeo de que concluíram cada desafio. As equipes que não enviarem seu material de participação na categoria Prêmios de Máquina até o prazo final não são elegíveis para o Competição de Habilidades e qualquer pontuação enviada será descartada.

Consulte as seções [Envio de materiais](#) e [Prazos](#) para obter mais detalhes. O envio do material para participação na Competição de Habilidades é feito independentemente da categoria Prêmios de Máquina e não precisa ocorrer ao mesmo tempo. Para participar da Competição de Habilidades do INFINITE RECHARGE em Casa, as equipes devem fornecer os seguintes dados:

- uma pontuação para cada desafio no qual competiram
- um vídeo para cada desafio no qual competiram
 - O vídeo deve ser enviado através de um link não-listado no Youtube.
 - Cada vídeo não pode exceder seis (6) minutos

Embora os vídeos possam durar até seis (6) minutos, as equipes devem usar apenas o tempo necessário.

O vídeo enviado pode ser usado para verificar a precisão de uma pontuação relatada, ou para fins de marketing, e não será disponibilizado ao público. Recomendamos que as equipes verifiquem se a pontuação gravada está representada no vídeo de forma clara, as pontuações que não podem ser constatadas podem ser descartadas.

Recomendamos que as equipes usem uma resolução mínima de 720p (1280x720px) para gravar os vídeos.

2.3 Logística de Prêmios e Avaliação

2.3.1 Prêmios

As equipes devem enviar as informações exigidas até o prazo final e participar de uma entrevista com os juízes da *FIRST Robotics Competition* para serem elegíveis aos Prêmios de Máquina. As diretrizes oficiais de premiação podem ser encontradas na página [Diretrizes de Premiação para os Desafios em Casa](#). As entrevistas são realizadas de forma virtual pelo Google Meet

As equipes não precisam estar inscritas na categoria Competição de Habilidades do INFINITE RECHARGE em Casa para serem elegíveis aos Prêmios de Máquina. No entanto, para participarem do Competição de Habilidades precisam participar da categoria Prêmios de Máquina. Os Prêmios de Máquina são:

- **Prêmio de Automação** - Celebra a equipe que demonstrou uma operação consistente, confiável e de alto desempenho do ROBÔ durante as ações realizadas de forma autônoma. A avaliação é baseada na capacidade de percepção do ROBÔ do ambiente ao seu redor, na sua habilidade de se posicionar ou de posicionar os mecanismos integrados (onboard) de forma apropriada e executar tarefas.
- **Prêmio Excelência em Engenharia** - Celebra a equipe que demonstra uma abordagem profissional no processo de projetos.
- **Prêmio Design Industrial** - Celebra a equipe que demonstra os princípios do desenho industrial, conseguindo um equilíbrio entre forma, função e estética.
- **Prêmio de Qualidade** - Celebra máquinas robustas em matéria de conceito e fabricação.
- **Rookie Game Changer** - Celebra o desempenho excepcional de uma equipe estreante nesta temporada.
- **Finalista Rookie Game Changer** - Celebra o desempenho excepcional de uma equipe estreante nesta temporada.

As equipes que optarem pelo Competição de Habilidades são obrigadas a apresentar informações específicas para serem elegíveis para a competição. A estrutura de prêmios para o Competição de Habilidades será a seguinte:

- **Vencedor Competição de Habilidades** - Celebra o sucesso excepcional de uma equipe na Competição de Habilidades. A equipe vencedora é aquela com a maior pontuação geral.
- **Finalista Competição de Habilidades** - Celebra o sucesso excepcional de uma equipe na Competição de Habilidades. A equipe finalista é aquela que tem a segunda maior pontuação geral.

2.3.2 Processo de Avaliação

- As equipes devem enviar todo o conteúdo descrito na seção [Informações sobre o Envio de materiais](#) dentro do prazo, conforme descrito na seção [Prazos](#).
- A organização do evento fornecerá a data e horário da entrevista com a equipe

2.3.3 Processo de Entrevista

As equipes que completarem a etapa de envio do material do INFINITE RECHARGE em Casa terão uma entrevista através do Google Meet com um painel de juizes da FIRST Robotics Competition.

Para todos os Desafios, as entrevistas ocorrem entre **9 de novembro e 17 de novembro**.

- As entrevistas são limitadas a doze (12) minutos no total; até sete (7) minutos para uma apresentação da equipe e o tempo restante (pelo menos cinco (5) minutos) para perguntas e respostas lideradas pelos juizes.
 - O tempo de entrevista começa a contar após um intervalo de um (1) minuto, para permitir que todos os membros da equipe estejam na chamada.
 - A apresentação recomendada é a seguinte:
 - Para quais tarefas o ROBÔ foi projetado
 - O processo utilizado para projetar o ROBÔ
 - Por que a equipe escolheu um recurso específico para o ROBÔ e como ele funciona?
- Pelo menos um (1) mentor adulto **deve** comparecer à entrevista.
 - Os mentores não têm permissão para fornecer qualquer assistência durante a entrevista. A FIRST sugere que o mentor dê um feedback à equipe após a entrevista, com base em observações e anotações das perguntas dos juizes. Este feedback pode ser muito valioso para ajudar as equipes a aprimorar suas habilidades. Se o mentor prestar alguma assistência durante a entrevista, os juizes, respeitosamente, o lembrarão da regra.
- Pode haver tantos membros da equipe na entrevista quanto acharem necessário, mas recomenda-se que criem uma apresentação sucinta para os juizes.
- Recomendamos o número máximo de cinco (5) membros da equipe presentes

Os alunos que farão a apresentação devem estar prontos para (e até mesmo esperar!) dificuldades técnicas; todos os membros da equipe devem estar preparados para intervir (por exemplo, conhecer o material, ter em mãos materiais de apresentação, etc.) no caso de alguém ter problemas com internet, câmera, áudio, etc.

Lembre-se de colocar a segurança em primeiro lugar, com diretrizes de distanciamento social e cumprimento dos regulamentos locais se os membros da equipe estiverem no mesmo local físico.

- Os alunos que farão a apresentação podem compartilhar suas telas e reproduzir vídeos.
- É proibido gravar vídeos, áudios ou tirar fotos (incluindo capturas de tela) durante a entrevista.

2.4 Competição de Habilidades

O INFINITE RECHARGE em Casa inclui um Competição de Habilidades que consiste em cinco (6) desafios inspirados no INFINITE RECHARGE. As equipes podem optar por competir em quantos desafios desejarem. Recomenda-se que tentem realizar pelo menos três (3) dos desafios, pois as equipes contabilizam pontos em sua Pontuação Geral pelos três (3) desafios nos quais tiverem o melhor desempenho. Consulte a seção [Pontuação Geral](#) para saber todos os detalhes.

2.4.1 Visão geral

O Competição de Habilidades foi desenvolvido para a participação de ROBÔS do INFINITE RECHARGE 2020 ou 2021 e não requer uma arena de competição completa. Cada desafio tem uma pontuação objetiva, que as equipes registram e enviam. Como o Competição de Habilidades baseia-se no INFINITE RECHARGE, muitos dos termos usados neste manual fazem referência a termos do Manual do INFINITE RECHARGE.

Tais termos não estão explicitamente definidos neste documento, mas as definições foram incluídas no [Glossário](#) para facilitar. Para descrições completas, consulte o [Manual do INFINITE RECHARGE](#).

Para participar do Competição de Habilidades, as equipes necessitam dos seguintes itens:

- Um ROBÔ do INFINITE RECHARGE aprovado (consulte [ROBÔ & Regras de Inspeção](#))
- Um espaço aberto, isto é, o Espaço do Desafio, para operar o ROBÔ
 - Recomenda-se fortemente um espaço de jogo de ~15 pés x ~30 pés. (~458 cm x ~915 cm). É necessário um espaço adicional para os pilotos e observadores.
 - Se a equipe for realizar desafios de disparo, é necessário uma altura adequada para o ROBÔ atirar as CÉLULAS DE ENERGIA na versão de PORTA DE ALIMENTAÇÃO criada pela equipe. A altura total da PORTA DE ALIMENTAÇÃO é de ~10 pés (~305 cm).
 - Não é necessário tapete, qualquer superfície sobre a qual o ROBÔ possa dirigir com segurança é permitida.

Omitir a exigência de um tapete tem por objetivo aliviar a carga sobre as equipes na criação do Espaço do Desafio, ou seja, as equipes podem usar o piso que têm disponível. A intenção não é incluir um projeto para o piso no escopo do Competição de Habilidades.

- CÉLULAS DE ENERGIA
- são necessárias três (3) CÉLULAS DE ENERGIA.

2.4.2 Regras Gerais

As regras abaixo se aplicam a todos os membros da equipe e durante a montagem e realização do desafio, salvo disposição em contrário.

SC1. Os membros da equipe devem usar óculos de segurança.

SC2. Os membros da equipe devem seguir os regulamentos e orientações locais e organizacionais de saúde e segurança.

Consulte as [Orientações de Segurança referentes à COVID-19 para as Equipes da FIRST Robotics Competition](#).

Lembre-se, a segurança é primordial ao trabalhar com o ROBÔ ou próximo a ele. As melhores práticas de segurança devem estar sempre na vanguarda enquanto se pratica e se realiza as tarefas do Competição de Habilidades. Além das regras descritas acima, algumas recomendações para práticas seguras incluem:

- a. Fique fora do Espaço do Desafio do ROBÔ, a menos que você seja um JOGADOR HUMANO.
- b. Preste atenção ao local onde o CONSOLE DO OPERADOR está localizado em relação ao local onde você está dirigindo/disparando, e
- c. Se utilizar cabos, fique atento aos fios (recomenda-se usar um cabo de 50 pés (~1524 cm))

SC3. Ao tentarem realizar um desafio, os membros da equipe não podem entrar em contato com o ROBÔ.

SC4. Ao tentar realizar um desafio, o ROBÔ só pode ser operado por, no máximo, dois (2) membros pré-universitários da equipe, a menos que o desafio exija autonomia.

SC5. Lembre-se de incorporar o [Gracious Professionalism®](#), uma Filosofia da FIRST®, ao realizar os desafios e de seguir a intenção das regras.

SC6. Para qualquer um dos desafios que requerem tempo, as equipes devem usar um dispositivo temporizador que indique o tempo com, pelo menos, décimos de segundo de precisão.

2.4.3 ROBÔ & Regras de Inspeção

- SC7.** Quando um ROBÔ estiver tentando realizar um desafio, ele deve cumprir todas as regras do ROBÔ do [Manual do Jogo 2021](#), com exceção da R21, R22 (ou seja, o tecido dos PARA-CHOQUES podem ser de qualquer cor e conter qualquer marcação), da R92 e da cláusula "através da rede Ethernet da ARENA" da R62. As regras que fazem referência à ARENA devem ser interpretadas em referência ao Espaço do Desafio para os Desafios em Casa.
- SC8.** Todos os desafios do Competição de Habilidades enviados devem ser realizados com o mesmo ROBÔ na mesma configuração.

O objetivo não é impedir que as equipes façam pequenas atualizações ou aperfeiçoamentos no decorrer do Competição de Habilidades. A intenção desta regra é evitar que as equipes façam mudanças substanciais em seu ROBÔ entre desafios (por exemplo, completar o desafio PORTA DE ALIMENTAÇÃO e, em seguida, remover todos os mecanismos relacionados à CÉLULA DE ENERGIA para realizar o desafio **do Hyperdrive**).

Observe que, de acordo com a Caixa Azul na [Seção 2.1](#), o ROBÔ utilizado para o Competição de Habilidades não precisa ser o mesmo ROBÔ utilizado para a categoria de Prêmios de Máquina do INFINITE RECHARGE em Casa.

- SC9.** As equipes devem se autoinspecionar e verificar se o ROBÔ utilizado para a realização do desafio está de acordo com a [SC7](#) e a [SC8](#).

Uma checklist para autoinspeção está disponível [aqui](#).

- SC10.** O ROBÔ que vai realizar o desafio deve estar de acordo com o item G1-C do [Manual do Jogo 2021](#).
- SC11.** O ROBÔ que vai realizar o desafio deve estar de acordo com a restrição G17 do [Manual do Jogo 2021](#).

Ao fim deste documento foram anexadas as regras construtivas para o robô, conforme o manual do Jogo 2021.

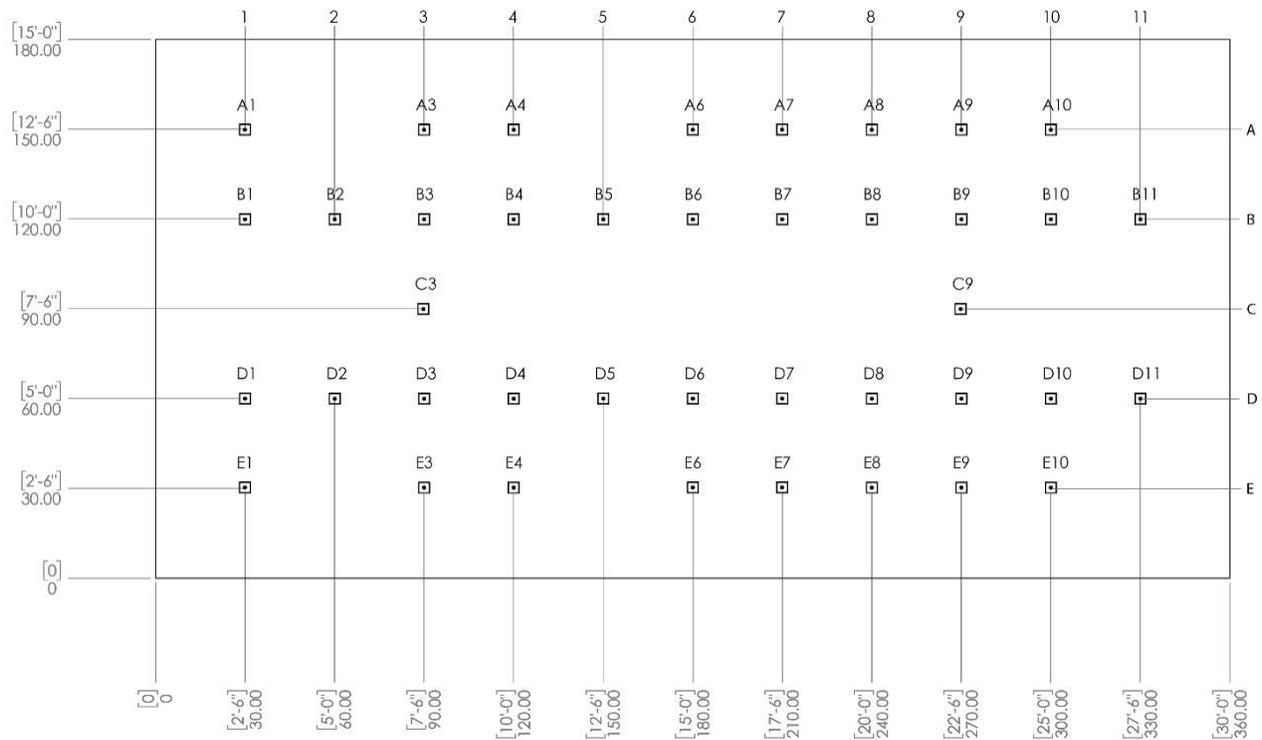


Figura 2-2 Diagrama do Layout Geral

Todos os desafios do Competição de Habilidades utilizam uma variação do layout mostrado na Figura 2-2. Os locais específicos marcados no Diagrama do Layout Geral do Competição de Habilidades e usados para posicionar MARCADORES ou zonas para desafios específicos são chamados de PONTOS DE NAV. É recomendável, mas não obrigatório, que as equipes meçam e coloquem marcas no chão (adesivos, fita adesiva, etc.) para poder identificar esses PONTOS DE NAV mais tarde.

Os PONTOS DE NAV são diferentes para cada desafio, como resultado, talvez nem todos eles sejam necessários no Espaço do Desafio da equipe.

Uma solução para fazer a marcação deste layout pode ser encontrada no documento [Layout do Espaço do Desafio do INFINITE RECHARGE em Casa](#).

Para cada desafio, há um diagrama de layout indicando quais PONTOS DE NAV serão usados e a colocação de MARCADORES. MARCADORES são objetos físicos com uma seção transversal mínima de 2,5 pol. (~63 mm) de largura por 2,5 pol. (~63 mm) de profundidade e pelo menos 5 pol. (~127 mm) de altura, usados para marcar locais específicos relevantes para cada desafio. A seção transversal de um MARCADOR não pode exceder 1 pé e 1 pol. (~330 mm) de largura por 1 pé e 1 pol. (~330 mm) de profundidade (não há limite de altura). Os MARCADORES devem estar centralizados (aproximadamente e da melhor forma possível, ou seja, não há tolerância específica para a definição de "centralizados") em seus respectivos PONTOS DE NAV.

Os MARCADORES na arena devem ter uma cor contrastante ou ser facilmente identificáveis, permitindo que sejam facilmente reconhecidos pelo operador e durante todo o vídeo.

Alguns exemplos de MARCADORES incluem mas não estão limitados a: Madeira 10x10, garrafas de 2 litros, cones pequenos, etc.

Marcações adicionais podem ser acrescentadas no piso ou na PORTA DE ALIMENTAÇÃO a critério da equipe. Nenhum outro elemento físico pode ser acrescentado dentro do Espaço do Desafio com o propósito de auxiliar o desempenho do ROBÔ ou da EQUIPE DE PILOTAGEM. Outros elementos estáticos fora do Espaço do Desafio podem ser colocados para auxiliar a navegação do robô, desde que o robô não interaja fisicamente com eles.

Observe que, de acordo com a [GSC2-1](#), as equipes não podem usar a disposição de elementos estáticos para sinalizar para o ROBÔ qual percurso está sendo executado.

2.4.5 Filmagem

As equipes devem mostrar seu desempenho através de pequenos vídeos de seus ROBÔS realizando cada desafio. As pontuações enviadas sem vídeo serão descartadas. As diretrizes recomendadas são as seguintes:

- Cada vídeo deve ser gravado de uma posição fixa fora do espaço operacional do ROBÔ. A distância exata do espaço operacional dependerá da altura e da orientação da câmera em relação à arena, porém, recomenda-se que, se possível, a câmera sempre mostre uma visão completa do espaço operacional, o que pode demandar uma distância de até 2 metros.
 - Se a câmera não puder ser fixada (por exemplo, usando um tripé, mesa ou escada), o movimento da câmera durante a filmagem deve ser mínimo.
- Não é necessário usar o mesmo campo de visão para todos os vídeos, porém, sempre que possível, o campo de visão deve ser consistente, para proporcionar uma experiência mais uniforme para os espectadores.
- Cada vídeo deve ser intitulado com o número da equipe, um hífen, o título do desafio e omitir espaços (por exemplo, Team0001-InterstellarAccuracyChallenge)

2.4.6 Desafio Busca Galáctica

No desafio Busca Galáctica, as equipes disputam o Período Autônomo do INFINITE RECHARGE localizando e coletando CÉLULAS DE ENERGIA o mais rápido possível nos percursos azuis ou vermelhos.

2.4.6.1 Layout

As equipes devem demarcar o limite das zonas do diagrama abaixo usando, pelo menos, um MARCADOR nos PONTOS de NAV ao longo do limite da zona (por exemplo, qualquer número de A1-E1 e B11-D11).



GSC2. Coloque CÉLULAS DE ENERGIA somente nos PONTOS DE NAV vermelhos correspondentes.

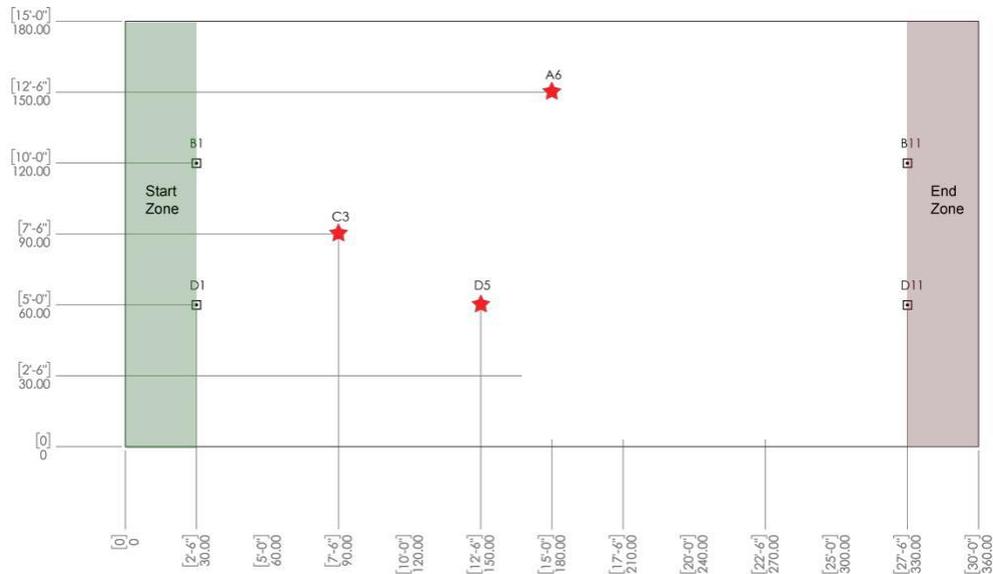


Figura 2-3 Layout da Busca Galáctica - Percurso A

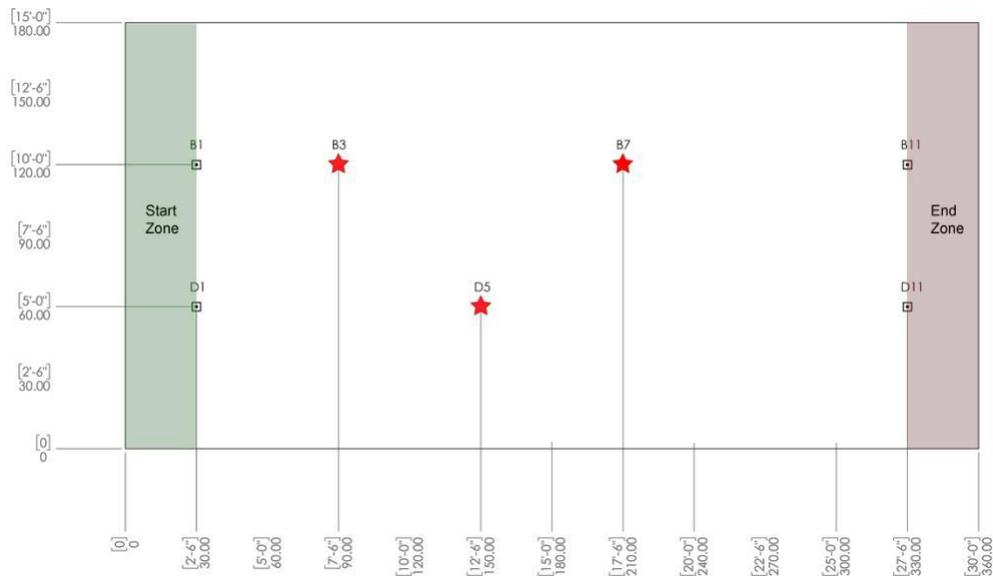


Figura 2-4: Layout da Busca Galáctica - Percurso B

2.4.6.2 Regras

GSC1. O ROBÔ deve percorrer ambos os percursos A e B de forma autônoma.

GSC2. Coloque CÉLULAS DE ENERGIA somente nos PONTOS DE NAV vermelhos correspondentes.

Se as CÉLULAS DE ENERGIA da equipe não ficarem paradas no lugar, tente prender uma abraçadeira de nylon ajustada em forma circular, ou um elástico de cabelo ao chão e coloque a CÉLULAS DE ENERGIA em cima.

- GSC3.** O ROBÔ deve começar na Zona de Partida, com qualquer parte de seus PARA-CHOQUES ultrapassando o plano vertical definido por B1/D1.
- GSC4.** As equipes devem iniciar seu temporizador assim que o ROBÔ estiver habilitado.
- GSC5.** As equipes devem parar o temporizador assim que o ROBÔ tiver sob seu CONTROLE as três (3) CÉLULAS DE ENERGIA e quando qualquer parte de seus PARA-CHOQUES ultrapassar o plano vertical da Zona de Chegada.
- GSC7.** As equipes devem registrar o tempo de conclusão e o vídeo separadamente para cada um dos dois (2) percursos.

2.4.6.3 Pontuação

A pontuação bruta para este desafio é a soma dos tempos de conclusão (em segundos) dos dois (2) percursos. As equipes devem inserir os tempos de conclusão dos percursos individuais exatamente da forma que o registraram, eles serão arredondados automaticamente para o décimo de segundo mais próximo (x,5 é arredondado para o décimo mais próximo, por exemplo, 0,15 é arredondado para 0,2) antes de serem adicionados à pontuação bruta.

2.4.7 Desafio AutoNav

No Desafio AutoNav, as equipes programam seus ROBÔS para percorrer, o mais rápido possível e de forma autônoma, rotas pré-determinadas em três (3) percursos diferentes.

2.4.7.1 Layout

Para cada percurso, coloque MARCADORES nos PONTOS DE NAV mostrados no diagrama correspondente.

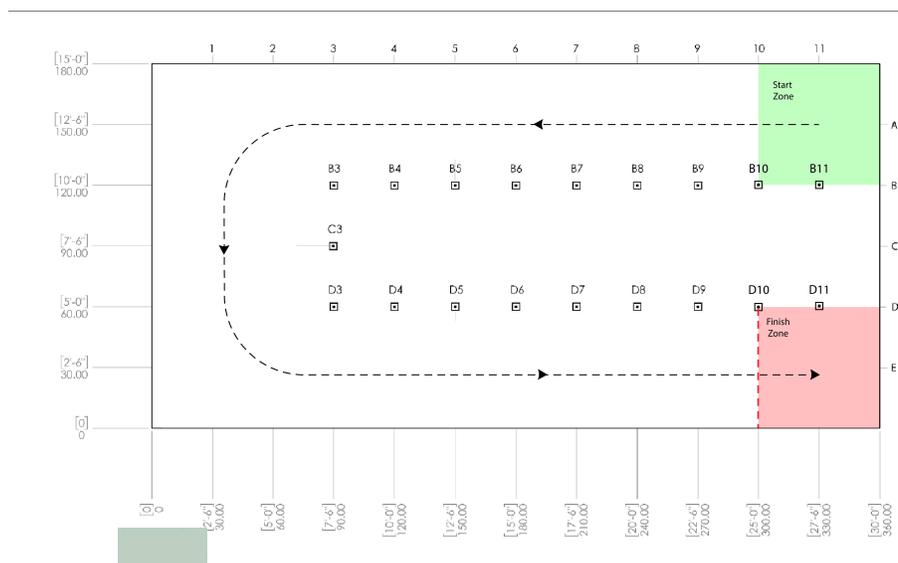


Figura 2-5 Percurso A

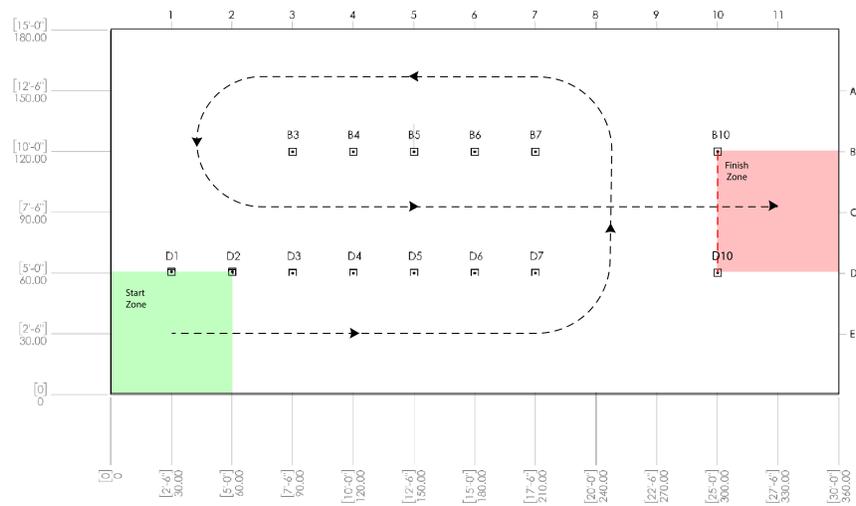


Figura 2-6 Percurso B

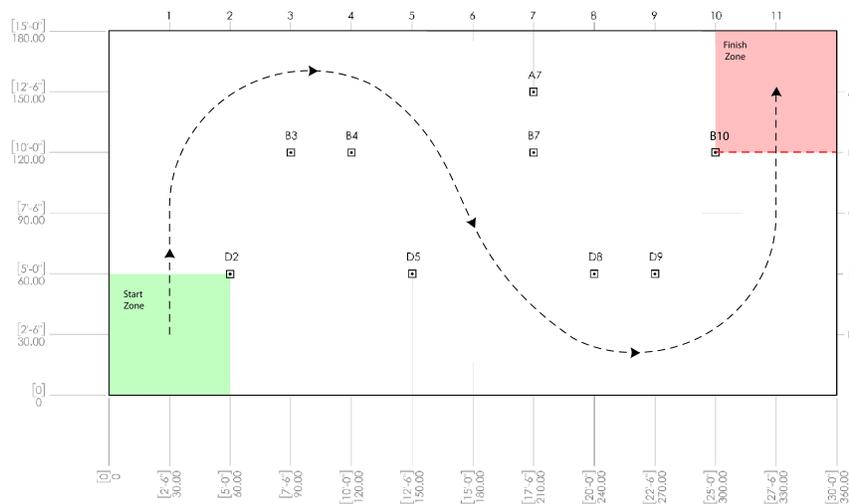


Figura 2-7 Percurso C

2.4.7.2 Regras

ANC1. O ROBÔ deve completar cada um dos três percursos (A, B e C) de forma autônoma.

ANC2. O ROBÔ deve começar completamente dentro da Zona de Partida.

ANC3. As equipes devem iniciar seu temporizador assim que o ROBÔ for habilitado.

ANC4. Se o ROBÔ tiver contato com algum MARCADOR enquanto navega pelo percurso, incorrerá em uma penalidade de cinco (5) segundos por cada toque em um desses MARCADORES.

Percursos sem faltas, ou seja, percursos realizados sem contato com MARCADORES sem estrelas, são altamente recomendados.

ANC5. As equipes não podem usar uma penalidade para pular MARCADORES ou completar o percurso de outra forma que não seja através do que está descrito e marcado pela linha tracejada preta nos diagramas de layout.

Os percursos exatos indicados pelas linhas pontilhadas são para fins de ilustração. O ROBÔ deve navegar por um percurso similar com relação aos PONTOS DE NAV e MARCADORES.

ANC6. As equipes devem parar seu temporizador assim que o ROBÔ completar o percurso descrito e ultrapassar o plano vertical definido pela linha tracejada vermelha no diagrama do percurso com qualquer parte de seus PARA-CHOQUES.

ANC7. As equipes devem completar pelo menos um (1) dos três (3) percursos em menos de 60 segundos para enviar uma pontuação. Se uma equipe completar apenas um (1) ou dois (2) dos percursos, qualquer percurso não completado deve ser registrado com um tempo de conclusão de 60 segundos.

ANC8. As equipes devem registrar o tempo de conclusão (incluindo as penalidades) e o vídeo separadamente para cada um dos percursos.

2.4.7.3 Pontuação

A pontuação bruta para este desafio é a soma dos tempos de conclusão (em segundos) de cada um dos três (3) percursos. As equipes devem inserir os tempos de conclusão dos percursos individuais exatamente como os registraram, eles serão arredondados automaticamente para o décimo de segundo mais próximo ($x,x5$ é arredondado para o décimo mais próximo, por exemplo, 0,15 é arredondado para 0,2) antes de serem adicionados à pontuação bruta.

2.4.8 Desafio Hyperdrive

No Desafio Hyperdrive, as equipes controlam seus ROBÔS remotamente em quatro (4) percursos diferentes, sem a ajuda de navegação pré-programada e o mais rápido possível.

2.4.8.1 Layout

Para cada percurso, coloque MARCADORES nos PONTOS DE NAV mostrados no diagrama correspondente.

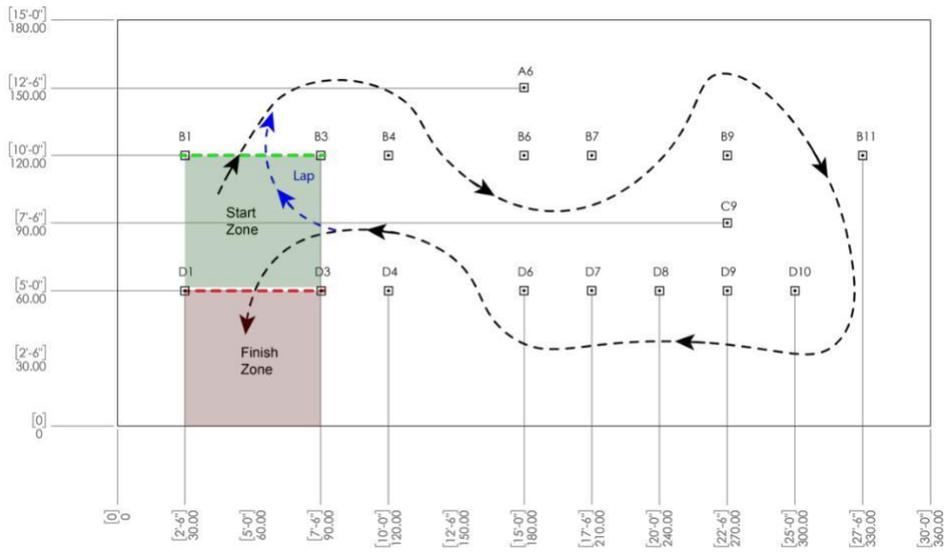


Figura 2-8 Percorso Circuito Velocidade da Luz

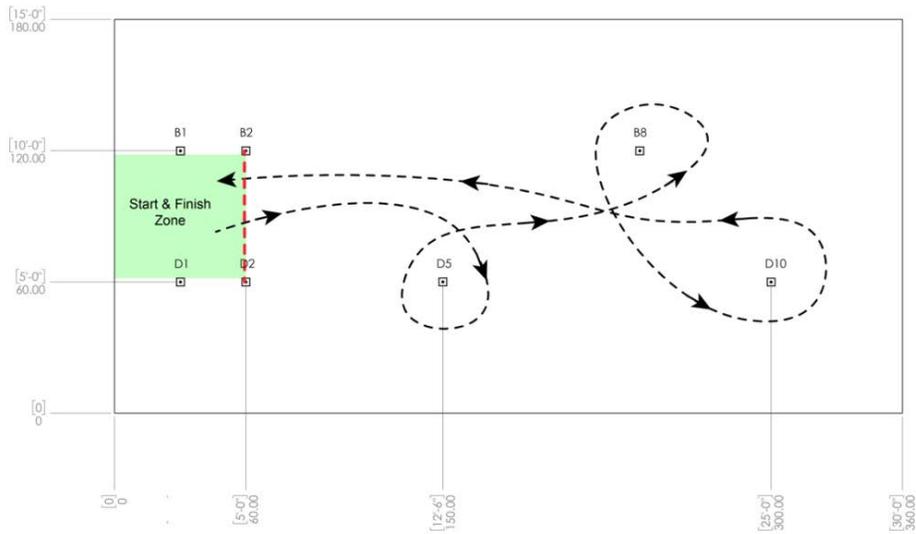


Figura 2-9 Percorso Corrida de barris

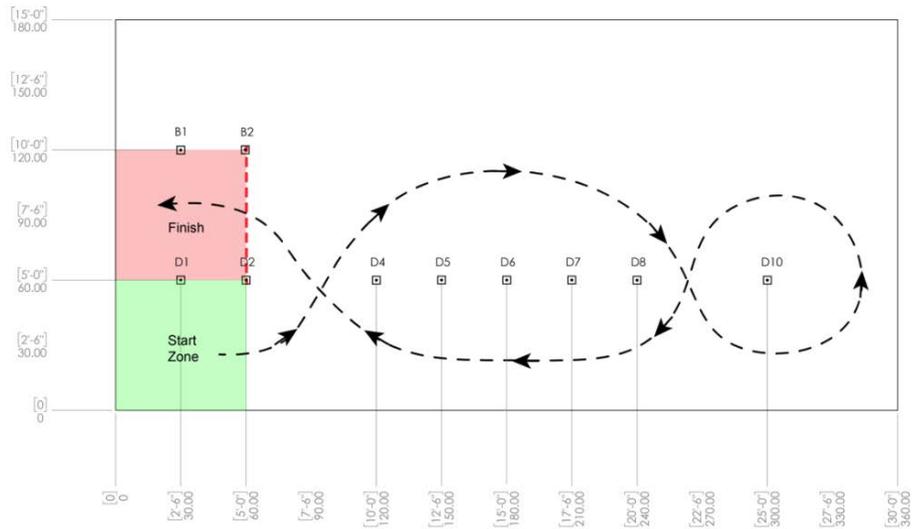


Figura 2-10 Percorso Slalom

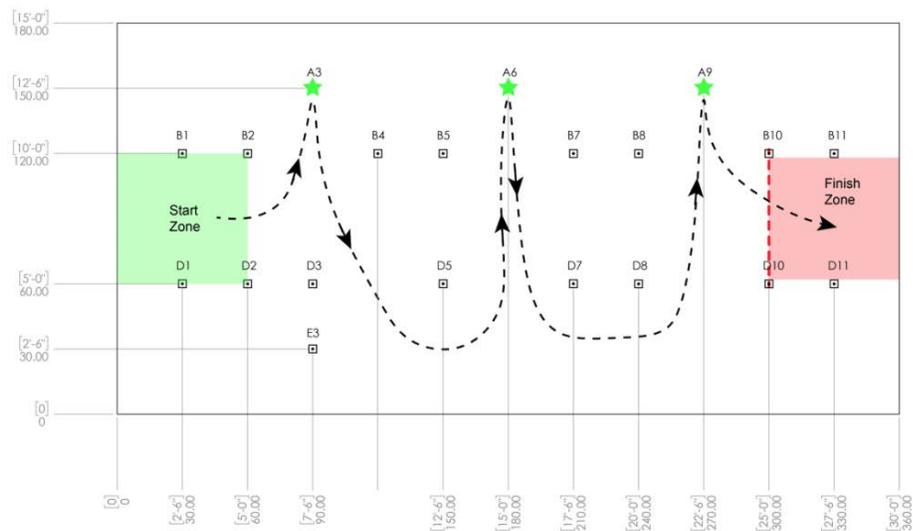


Figura 2-11 Percurso Bate e Volta

2.4.8.2 Regras

HDC1. As equipes operam seus ROBÔS de forma remota para completar cada um dos quatro (4) percursos (corrida de barris, slalom, bate e volta e circuito velocidade da luz).

HDC2. O ROBÔ deve começar completamente dentro da Zona de Partida.

HDC3. As equipes devem iniciar o temporizador assim que o ROBÔ começar a movimentar-se para navegar o percurso.

HDC4. Os ROBÔS seguem o caminho estipulado, marcado pela linha tracejada preta no diagrama de layout de cada percurso. Embora o percurso exato indicado no diagrama de layout seja apenas para fins ilustrativos, espera-se que o ROBÔ navegue por um percurso similar em relação aos MARCADORES.

HDC5. No Percurso Bate e Volta, o ROBÔ deve ter contato com todos os MARCADORES sinalizados com uma estrela enquanto navega. Se o ROBÔ não conseguir contato com algum MARCADOR sinalizado enquanto navega pelo "Percurso Bate e Volta", a tentativa será considerada "incompleta" e o ROBÔ deve tentar novamente.

HDC6. Se o ROBÔ tiver contato com algum MARCADOR sem estrela enquanto navega pelo percurso, incorrerá em uma penalidade de cinco (5) segundos por cada vez que tocar em algum desses MARCADORES.

Percursos sem faltas, ou seja, percursos realizados sem contato com MARCADORES sem estrelas, são altamente recomendados.

HDC7. As equipes não podem usar uma penalidade para pular MARCADORES ou completar o percurso de outra forma que não seja através do que está descrito e marcado pela linha tracejada preta nos diagramas de layout.

Os percursos exatos indicados pelas linhas pontilhadas são para fins ilustrativos. O ROBÔ deve navegar por um percurso similar com relação aos PONTOS DE NAV e MARCADORES.

HDC8. No Circuito Velocidade da Luz, o ROBÔ deve completar duas (2) voltas ao redor do trajeto. O percurso de cada volta é indicado no diagrama com uma linha azul pontilhada - o ROBÔ só deve seguir o percurso da volta azul uma vez. Depois que o ROBÔ completar duas voltas, ele pode seguir o percurso de Navegação até a Zona de Chegada.

HDC9. As equipes devem interromper seu temporizador assim que o ROBÔ completar o percurso descrito e ultrapassar com qualquer parte de seus PARA-CHOQUES o plano vertical definido pela linha tracejada vermelha no diagrama do percurso.

HDC10. As equipes devem registrar o tempo de conclusão (incluindo as penalidades) e o vídeo separadamente para cada um dos percursos.

2.4.8.3 Pontuação

A pontuação bruta para este desafio é a soma dos tempos de conclusão (em segundos) de cada um dos quatro (4) percursos. As equipes devem inserir os tempos de conclusão dos percursos individuais exatamente como os registraram, eles serão arredondados automaticamente para o décimo de segundo mais próximo ($x, x5$ é arredondado para o décimo mais próximo, por exemplo, 0,15 é arredondado para 0,2) antes de serem adicionados à pontuação bruta.

2.4.9 Desafio Precisão Interestelar

No Desafio Precisão Interestelar, as equipes simulam os desafios de disparo do jogo INFINITE RECHARGE, marcando pontos com CÉLULAS DE ENERGIA disparadas de uma das quatro (4) zonas para acertar a versão da PORTA DE BAIXO, da PORTA EXTERNA ou da PORTA INTERNA. As equipes tentam marcar o máximo de pontos possível com o ROBÔ (autônomo e/ou controlado remotamente) em cinco (5) minutos.

2.4.9.1 Layout

As equipes devem demarcar o limite das zonas com base no diagrama abaixo, usando, pelo menos, um Marcador nos PONTOS de NAV ao longo do limite da zona (por exemplo, qualquer número de A3-E3, A5-E5, A7-E7, A9-E9).

O layout para este desafio é apresentado na figura 2-9, a PORTA DE ALIMENTAÇÃO utilizada deve ser a versão 2D, posicionada conforme demonstrado na figura. Na seção 6 é apresentado um modelo de PORTA DE ALIMENTAÇÃO que pode ser utilizado em todos os desafios.

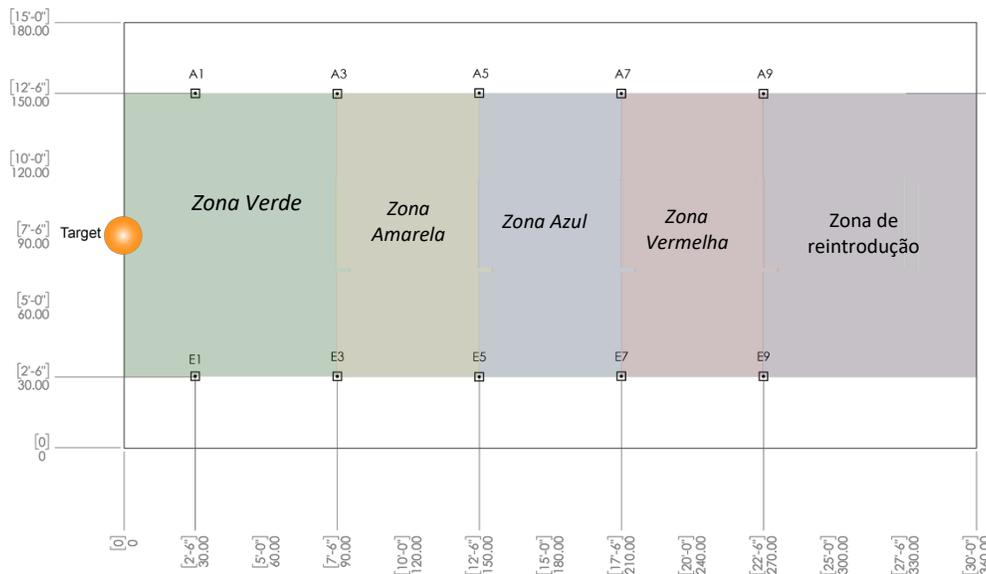


Figura 2-9 Layout do Desafio Precisão Interestelar.



2.4.9.2 Regras

IAC1. As equipes não podem tentar mais do que de (15) disparos de CÉLULAS DE ENERGIA.

IAC2. As equipes devem alocar, pelo menos, três (3) CÉLULAS DE ENERGIA em 3 zonas distintas. As três (6) CÉLULAS DE ENERGIA restantes podem ser atribuídas a qualquer uma das quatro (4) zonas.

Alocar significa designar a zona exclusiva da qual a CÉLULA DE ENERGIA pode ser disparada. As equipes não precisam disparar todas as quinze (15) CÉLULAS DE ENERGIA.

Por exemplo, um ROBÔ pode disparar todas as três (3) CÉLULAS DE ENERGIA restantes do PONTO DE NAV A4 na zona Amarela, ou disparar uma (1) do B1, B4 e B6 nas zonas Verde, Amarela e Azul, respectivamente.

IAC3. O ROBÔ não pode ser pré-carregado com mais de três (3) CÉLULAS DE ENERGIA, de forma que estejam totalmente e exclusivamente apoiadas pelo ROBÔ.

IAC4. O ROBÔ deve começar completamente dentro da Zona Verde.

IAC5. As equipes devem iniciar o temporizador assim que o ROBÔ iniciar o movimento e o desafio deve ser concluído em cinco (5) minutos.

IAC6. O ROBÔ não pode CONTROLAR mais de três (3) CÉLULAS DE ENERGIA de cada vez, a menos que seja momentaneamente, seja de forma direta ou transitória através de outros objetos.

IAC7. Os disparos devem ser feitos com o ROBÔ estacionado e com os PARA-CHOQUES completamente dentro da zona.

IAC8. No máximo duas (2) pessoas podem carregar o ROBÔ com CÉLULAS DE ENERGIA.

Certifique-se de que estão jogando com segurança! Os membros da equipe que colocam as CÉLULAS DE ENERGIA no Espaço do Desafio podem andar ou correr; podem rolar as CÉLULAS DE ENERGIA ou jogá-las. O Espaço do Desafio não deve ter nada que possa criar risco de tropeços. Objetos frágeis devem ser protegidos contra danos causados pelas CÉLULAS DE ENERGIA, e todos os membros da equipe no Espaço do Desafio ou próximo a ele devem prestar atenção ao ROBÔ e às CÉLULAS DE ENERGIA.

IAC9. O ROBÔ deve estar completamente dentro da Zona de Recolocação para receber CÉLULAS DE ENERGIA dos jogadores humanos.

As CÉLULAS DE ENERGIA podem ser colocadas diretamente no ROBÔ ou no chão.

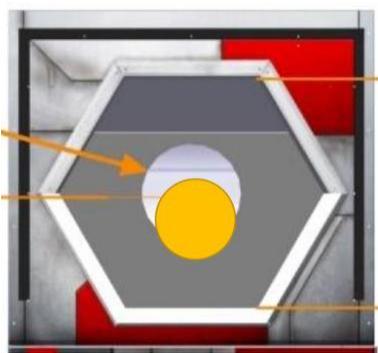
2.4.9.3 Pontuação

A pontuação bruta é o número total de pontos marcados no período de 5 minutos. As equipes devem ter uma pontuação bruta maior que 0 para que o desafio conte no cálculo da Pontuação Geral. A equipe marca pontos por cada CÉLULA DE ENERGIA colocada na PORTA DE ALIMENTAÇÃO. Os pontos têm os mesmos valores que no INFINITE RECHARGE.

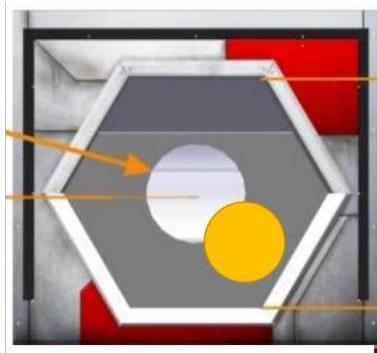
- PORTA INFERIOR = 1 ponto
- PORTA EXTERNA = 2 pontos
- PORTA INTERNA = 3 pontos

Qualquer CÉLULA DE ENERGIA que seja disparada pelo ROBÔ dentro do período de 5 minutos e que subsequentemente marque pontos será considerada. Para evitar erros de marcação de tempo, você pode gerenciar o tempo automaticamente usando o Practice Timing da Driver Station da FRC ajustado para o tempo correto (5,0,0,300,0), como [mostrado aqui](#).

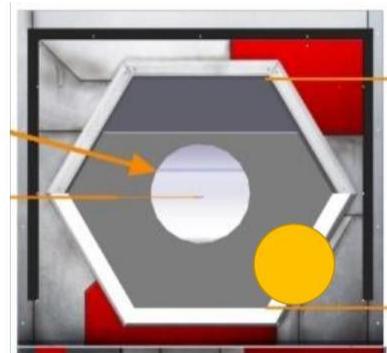
A equipe deve utilizar uma versão 2D da PORTA DE ALIMENTAÇÃO, conforme o modelo na seção 6. Os pontos por CÉLULA DE ENERGIA serão marcados se, pelo menos, 50% da CÉLULA estiver dentro da delimitação. Para disparos extremamente próximos ao limiar de 50%, a equipe poderá considerar que marcou os pontos correspondentes à CÉLULA DE ENERGIA.



Exemplo A: Mais de 50% da CÉLULA DE ENERGIA dentro da delimitação da PONTA INTERNA, 3 pontos



Exemplo B: Mais de 50% da CÉLULA DE ENERGIA dentro da delimitação da PONTA EXTERNA, 2 pontos



Exemplo C: Indeterminado se mais de 50% da CÉLULA DE ENERGIA está dentro da delimitação da PONTA EXTERNA, 2 pontos

2.4.10 Desafio PORTA DE ALIMENTAÇÃO

No Desafio PORTA DE ALIMENTAÇÃO, as equipes simulam a parte teleoperada do jogo INFINITE RECHARGE, coletando CÉLULAS DE ENERGIA com o ROBÔ (autônomo e/ou controlado remotamente e marcando pontos ao dispará-las na PORTA DE ALIMENTAÇÃO. As equipes tentam marcar a maior quantidade de pontos possível na PORTA DE ALIMENTAÇÃO em um minuto.

2.4.10.1 Layout

As equipes devem demarcar os limites das zonas com base no diagrama abaixo, usando pelo menos um MARCADOR nos PONTOS DE NAV ao longo do limite da zona (por exemplo, qualquer número de A6-E6 e A9-E9).

O layout para este desafio é apresentado na figura 2-9, a PORTA DE ALIMENTAÇÃO utilizada deve ser a versão 2D, posicionada conforme demonstrado na figura. Na seção 6 é apresentado um modelo de PORTA DE ALIMENTAÇÃO que pode ser utilizado em todos os desafios.

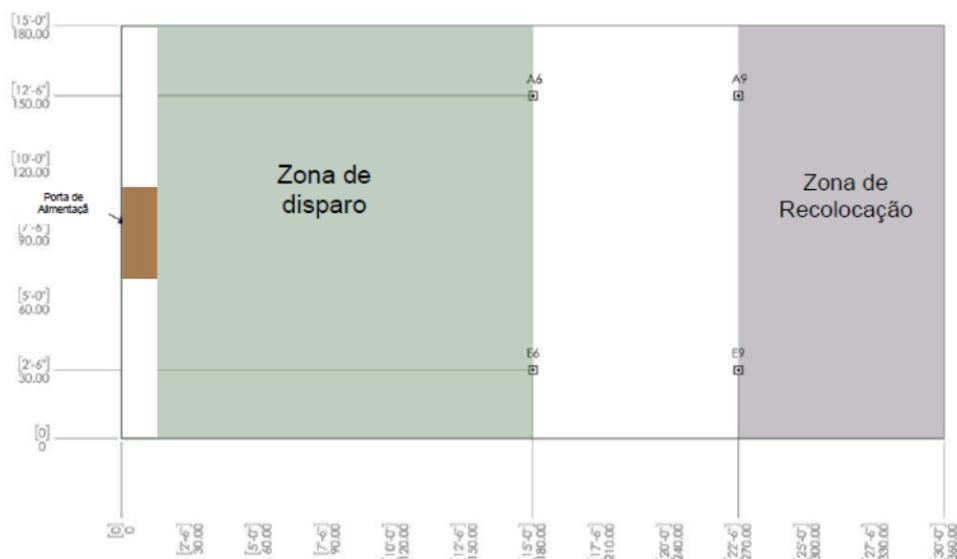


Figura 2-12 Layout do Desafio PORTA DE ALIMENTAÇÃO.

2.4.10.2 Regras

- PPC1.** As equipes não podem utilizar mais de três (3) CÉLULAS DE ENERGIA.
- PPC2.** O ROBÔ deve começar completamente dentro do Espaço do Desafio.
- PPC3.** O ROBÔ pode estar pré-carregado com até três (3) CÉLULAS DE ENERGIA.
- PPC4.** O ROBÔ só pode fazer um disparo se seus PARA-CHOQUES estiverem totalmente dentro da Zona de Pontuação (veja o layout acima para mais detalhes).
- PPC5.** No máximo duas (3) pessoas podem manusear as CÉLULAS DE ENERGIA durante a tentativa de realização do desafio.

Certifiquem-se de jogar com segurança! Os membros da equipe que colocam as CÉLULAS DE ENERGIA no Espaço do Desafio podem andar ou correr; podem rolar as CÉLULAS DE ENERGIA ou jogá-las. Objetos frágeis devem ser protegidos contra danos causados pelas CÉLULAS DE ENERGIA, e todos os membros da equipe no Espaço do Desafio ou próximo a ele devem prestar atenção ao ROBÔ e às CÉLULAS DE ENERGIA.

- PPC6.** Os jogadores humanos só podem introduzir CÉLULAS DE ENERGIA na Zona de Recolocação, que começa a 22 pés (~686 cm) a partir da parte da frente da PORTA DE ALIMENTAÇÃO (veja o layout abaixo para mais detalhes).

As CÉLULAS DE ENERGIA podem ser colocadas diretamente no ROBÔ, no chão ou através de uma DOCA DE CARREGAMENTO (ou imitação de uma DOCA DE CARREGAMENTO).

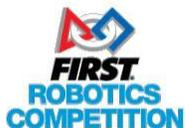
CÉLULAS DE ENERGIA que caem no Espaço do Desafio podem ser colocadas em jogo diretamente pelo ROBÔ em qualquer parte do Espaço do Desafio; elas não precisam ser reintroduzidas por um jogador humano ou na Zona de Recolocação. As equipes não devem usar esta permissão para tentar criar um “loop” com movimento mínimo do ROBÔ.

Observação:

As CÉLULAS DE ENERGIA pontuadas que ricochetearem de volta para dentro do espaço do desafio depois de serem pontuadas podem ser imediatamente utilizadas. Recomenda-se o uso de uma DOCA DE CARREGAMENTO (ou imitação de DOCA DE CARREGAMENTO) para retornar as CÉLULAS DE ENERGIA que ricochetearem para fora do espaço do desafio.

- PPC7.** Os jogadores humanos não devem pisar no Espaço do Desafio. O objetivo desses jogadores é recolher as CÉLULAS DE ENERGIA que caem fora do Espaço do Desafio, retornando-as a Zona de Recolocação.

- PPC8.** As CÉLULAS DE ENERGIA dentro do Espaço do Desafio não podem ser manipuladas pelos jogadores humanos.



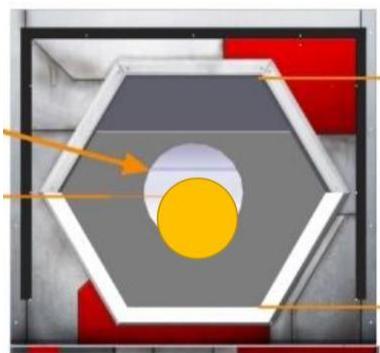
2.4.10.3 Pontuação

A pontuação bruta é o número total de pontos marcados no período de 1 minuto. As equipes devem registrar uma pontuação bruta maior que 0 para que o desafio conte no cálculo da Pontuação Geral. A equipe marca pontos por cada CELULA DE ENERGIA colocada na PORTA DE ALIMENTAÇÃO. Os pontos têm os mesmos valores que no INFINITE RECHARGE. Os pontos por CÉLULA DE ENERGIA só serão marcados se, no momento da pontuação, a célula não estiver em contato com o ROBÔ.

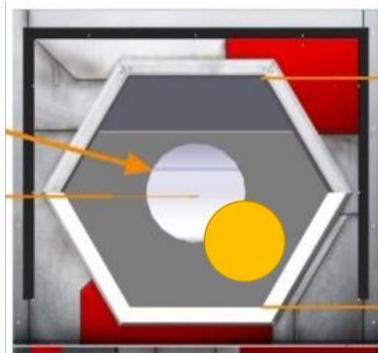
- PORTA INFERIOR = 1 Ponto
- PORTA EXTERNA = 2 pontos
- PORTA INTERNA = 3 pontos

Todas as CÉLULAS DE ENERGIA disparadas pelo ROBÔ dentro do período de 1 minuto que entrarem na PORTA DE ALIMENTAÇÃO após o temporizador expirar contarão pontos. Para evitar erros de marcação de tempo, você pode gerenciar o tempo automaticamente usando o Practice Timing da Driver Station da FRC ajustado para o tempo correto (5,0,0,300,0), como [mostrado aqui](#).

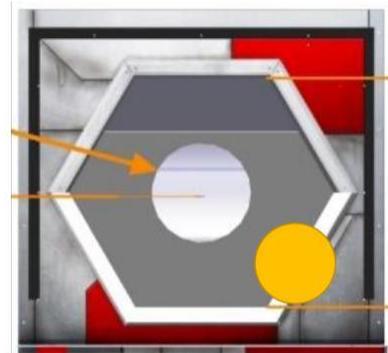
Uma versão 2D da PORTA DE ALIMENTAÇÃO será utilizada, conforme apresentado na seção XX, os pontos por CÉLULA DE ENERGIA serão marcados se, pelo menos, 50% da CÉLULA DE ENERGIA estiver dentro da delimitação. Para disparos extremamente próximos ao limiar de 50%, a equipe poderá considerar que marcou os pontos correspondentes à CÉLULA DE ENERGIA. Se a equipe utilizar uma versão 3D da PORTA DE ALIMENTAÇÃO, os pontos por CÉLULA DE ENERGIA serão marcados se, pelo menos, 50% da CÉLULA DE ENERGIA estiver dentro da delimitação.



Exemplo A: Mais de 50% da CÉLULA DE ENERGIA dentro da delimitação da PONTA INTERNA, 3 pontos



Exemplo B: Mais de 50% da CÉLULA DE ENERGIA dentro da delimitação da PONTA EXTERNA, 2 pontos



Exemplo C: Indeterminado se mais de 50% da CÉLULA DE ENERGIA está dentro da delimitação da PONTA EXTERNA, 2 pontos

2.4.11 Pontuação Geral

As equipes são classificadas de acordo com suas Pontuações Gerais. A Pontuação Geral de uma equipe é resultado de suas Pontuações Brutas, do número de equipes que participaram de cada desafio e das pontuações das outras equipes.

Além dos detalhes de cálculo descritos abaixo, outros exemplos de cálculos podem ser encontrados no [Exemplo de Cálculos da Pontuação Geral](#).

O processo para determinar a pontuação geral de uma equipe é o seguinte:

1. A equipe reporta sua Pontuação Bruta.

Cada equipe reporta uma Pontuação Bruta (R) para cada desafio do qual participou usando o processo descrito em [Envio de materiais](#).

2. As Pontuações Brutas são convertidas em Pontuações Computadas.

Cada Pontuação Bruta reportada por uma equipe é convertida em Pontuação Computada (C). O processo de conversão é realizado completamente dentro de um GRUPO e é independente das pontuações das equipes fora do GRUPO.

Geralmente, as equipes recebem entre 50 e 150 pontos (Pontuação Computada) com base no seu desempenho em cada desafio (Pontuação Bruta). Se, para um único desafio, cinco (5) ou menos pontuações forem enviadas, a pontuação mínima será superior a 50 pontos, como descrito no cálculo C_{min} abaixo.

Os pontos são atribuídos linearmente com base na pontuação bruta da equipe em relação ao intervalo de pontuações brutas enviadas. Isso significa que, em geral, uma equipe que comunica uma pontuação bruta semelhante a outra equipe de seu GRUPO receberá uma Pontuação Computada semelhante, independentemente de sua classificação.

As Pontuações Brutas de cada desafio são convertidas em Pontuações Computadas, C, usando o processo abaixo.

a. Determine o intervalo de Pontuação Computada do GRUPO

Para cada desafio, a Pontuação Computada máxima, C_{max} , é de 150 pontos A Pontuação Computada mínima, C_{min} , é calculada da seguinte forma:

$$C_{min} = \max(C_{max} - 20(N - 1), 50)$$

N = número de equipes que enviaram sua pontuação para este desafio

b. Realize um teste de outlier para o GRUPO.

Em cada GRUPO, o intervalo de Pontuações Brutas para cada desafio é limitado usando um teste de outlier. O limite superior e inferior das Pontuações Brutas do GRUPO, $B_{Superior}$ e $B_{Inferior}$, são calculados da seguinte forma:

$$B_{Inferior} = Q_1 - k(Q_3 - Q_1)$$

$$B_{Superior} = Q_3 + k(Q_3 - Q_1)$$

Q_1, Q_3 = quartis inferior e superior do conjunto de Pontuações Brutas do desafio

Os quartis são calculados usando o seguinte método:

Divida o conjunto de dados em 2 metades iguais. Se a quantidade for ímpar, inclua a mediana em cada "metade", para que tenham um número ímpar de valores, exclua a mediana caso contrário. A mediana (com interpolação se necessário) de cada uma dessas metades corresponde a Q1 e Q3, respectivamente.

Exemplo:

{1,2,3,4,5} tem 5 números. Metade de 5 é 2,5, então incluímos a mediana em ambos os conjuntos para que tenham um tamanho ímpar. Assim, {1,2,3} e {3,4,5} são nossas duas metades. Q1 é a mediana da primeira metade, 2. Q2 é a mediana da segunda metade, 4.

c. Converta a Pontuação Bruta (B) de cada equipe em Pontuação Limitada (L).

Limite as Pontuações Brutas de cada equipe ao mesmo intervalo, entre $B_{Superior}$ e $B_{Inferior}$.

$$L = \max(\min(B_{Superior}, B), B_{Inferior})$$

d. Determine a $L_{primeira}$ e a $L_{última}$ com base no GRUPO

$L_{primeira}, L_{última}$ = Pontuação Limitada em primeiro e último lugar do GRUPO.

Observe que a $L_{primeira}$ corresponderá ao menor tempo para desafios baseados em tempo e à maior quantidade total de pontos para desafios baseados em pontos.

Se $L_{primeira}$ e $L_{última}$ forem iguais, então todas as equipes recebem uma pontuação computada C_{max} .

e. Calcule a(s) Pontuação (ões) Computada(s) de cada equipe, C , e arredonde para duas (2) casas decimais:

$$C = \left| \frac{L - L_{última}}{L_{primeira} - L_{última}} \right| * (C_{max} - C_{min}) + C_{min}$$

A Tabela 2-1 mostra um exemplo de dez (10) equipes reportando pontuações para um desafio baseado em tempo e as Pontuações Computadas resultantes.

Tabela 2-1 Exemplo de cálculo de Pontuação Computada

Pontuação Bruta	10,0	25,0	37,1	38,2	49,3	53,0	56,1	59,5	70,5	120,5
Pontuação Limitada	14,7	25,0	37,1	38,2	49,3	53,0	56,1	59,5	70,5	81,9
Pontuação Computada	150,00	134,67	116,67	115,03	98,51	93,01	88,39	83,33	66,96	50,00

Para este conjunto de dados, valores de cálculo intermediários podem ser encontrados abaixo:
 $Q1 = 37,1$, $Q3 = 59,5$, $B_{inferior} = 14,7$, $B_{superior} = 81,9$, $L_{primeira} = 14,7$, $L_{última} = 81,9$

3. As Pontuações Computadas são convertidas em Pontuação Geral.

A Pontuação Geral da equipe é a soma de suas três (3) Pontuações Computadas mais altas , arredondadas para duas (2) casas decimais. Equipes que completarem menos de três (3) desafios, ainda assim, terão uma Pontuação Geral baseada nas Pontuações Computadas de todos os desafios que realizaram.

4. As equipes são classificadas dentro de seu GRUPO.

As equipes dentro de um GRUPO são classificadas utilizando a Pontuação Geral e os critério definidos na Tabela 2-2.

Tabela 2-2 Critérios de Classificação do Competição de Habilidades

Ordem	Critérios
1º	Pontuação Geral
2º	Maior Pontuação Computada
3º	Segunda maior Pontuação Computada
4º	Quarta maior Pontuação Computada
5º	Quinta maior Pontuação Computada
6º	Ordem aleatória

Observe que a "terceira maior Pontuação Computada" é omitida porque torna-se irrelevante se a Pontuação Geral, a maior Pontuação Computada e a segunda maior Pontuação Computada estiverem empatadas.

2.4.12 Guias

Os Designers do Jogo FIRST Robotics montaram Guias complementares para ajudar as equipes a analisarem como podem praticar e melhorar competências úteis para esses desafios. Os Guias são inteiramente opcionais, e a realização das atividades não faz parte do processo de avaliação. Embora esses Guias tenham sido projetados pensando especificamente na Competição de Habilidades 2021, recomendamos que as equipes pensem em como desenvolver e incorporar atividades similares na temporada 2022 e nas próximas temporadas subsequentes.

[Os Guias](#) incluem informações sobre navegação autônoma, identificação de alvo por visão, seleção de pilotos e operação do robô.

3 DESAFIO DE INOVAÇÃO® APRESENTADO PELA QUALCOMM

3.1 Visão geral



No Desafio de Inovação®, apresentado pela Qualcomm, as equipes inscritas identificam um problema do mundo real relacionado ao tema desta temporada, *FIRST® GAME CHANGERSSM*, desenvolvem uma solução, constroem um modelo de negócios e fazem uma apresentação. Nesse desafio, as equipes da *FIRST* Robotics Competition competem umas com as outras por prêmios avaliados e por uma chance de ser uma (1) das vinte (20) equipes finalistas convidadas para o *FIRST®* Global Innovation Awards, uma experiência de vários dias na qual os alunos mostram suas inovações, participam de workshops e recebem mentoria de especialistas.

Ciência, tecnologia, engenharia e matemática (STEM) sempre foram um catalisador das inovações que fazem o nosso mundo avançar. À medida que nossas sociedades continuam a evoluir e se tornam mais inclusivas e conectadas, nossos esportes - e as atividades que nos tornam fortes física e mentalmente - devem mudar junto conosco. Isso significa redefinir onde e como nos movemos e brincamos, seja por conta própria ou coletivamente, para conseguirmos manter uma ótima saúde. Dessa forma, precisamos inventar e inovar lugares, maneiras, esportes, ferramentas e conceitos, para que pessoas com diferentes capacidades físicas e níveis de habilidade possam tirar proveito de movimentos e brincadeiras.

Reflitam:

- Em 2006, o slogan da Nintendo® "Experimente uma nova forma de jogar" tomou o mundo com a introdução do Nintendo Wii. Desenvolvedores de jogos e engenheiros desenvolveram um novo e revolucionário controle que funcionava em três dimensões e permitia que usuários de todas as idades se movimentassem de forma ativa enquanto jogavam um videogame. Essa solução ganhou o prêmio *Game Critics Awards* de Melhor *Hardware*. Quando o controle era acoplado ao novo software e a acessórios, fazia com que as pessoas levantassem do sofá e jogassem de tudo, desde competições de boliche e dança até jogos de tênis e corridas de kart.
- Para acompanhar o desempenho atlético, na época, o cronômetro era uma das poucas tecnologias de medição disponíveis. Agora, as empresas estão aperfeiçoando a tecnologia *wearable*, e os atletas têm à sua disposição um número cada vez maior de opções sofisticadas, desde roupas inteligentes até tecnologia *wearable* avançada, o que iniciou uma nova era de monitoramento de desempenho, com métricas como posição, distância, velocidade e aceleração. Os óculos para ciclismo com *Heads-Up Display* (HUD) são um exemplo de equipamento de monitoramento esportivo que ajuda os ciclistas a fazer ajustes no meio do percurso quando estão em uma competição, além de aumentar a segurança como um todo.

- Em 2019, uma equipe da FIRST® LEGO® League inventou um campo de esportes comunitário com uma iluminação de LED que se adaptava e mudava as linhas de demarcação do campo de forma instantânea e perfeita de acordo com os diferentes tipos de esportes.

3.2 Desafio

A equipe deve identificar um problema ou oportunidade e desenvolver uma solução para ajudar as pessoas (ou uma comunidade de pessoas) a manter, recuperar ou alcançar uma ótima saúde física e/ou mental e aptidão física através de atividades ou jogos que exigem movimentação física.

3.2.1 Critérios

As equipes que participam do Desafio de Inovação:

- identificam e definem um problema ou uma oportunidade.
- debatem e desenvolvem uma inovação para aproveitar a oportunidade ou resolver o problema
 - A inovação pode ser completamente original e inovadora ou pode ser uma melhoria significativa de uma invenção existente
- criam um modelo de negócios
- mostram e são avaliadas quanto à solidez de seu design
- desenvolvem e fazem uma apresentação da inovação
 - Cada equipe desenvolve um pitch de negócios de dois (2) minutos, que será apresentado ao vivo.
- utilizam tecnologia no processo de desenvolvimento da solução e/ou no design
 - O uso de tecnologia na solução em si ou no desenvolvimento da solução satisfaz esse requisito.

3.3 Informações sobre o Envio de materiais

Recomendamos que as equipes que planejam participar informem a FIRST o mais rápido possível através de sua inscrição, embora tenham até o prazo final para completar o Envio de materiais.

Consulte as seções [Envio de Materiais](#) e [Prazos](#) para obter detalhes adicionais sobre como fazer o Envio de materiais. Para o Desafio de Inovação, as seguintes perguntas são feitas para as equipes participantes:

- título do projeto
- descrição sucinta do projeto (limite de 500 caracteres)
- sumário executivo
 - i. Descreva o problema/oportunidade no qual a equipe está focando (limite de 1500 caracteres).
 - ii. Descreva como a equipe se propõe a resolver o problema/oportunidade (limite de 1500 caracteres).
 - iii. Que tecnologia a equipe utilizou (ou planeja utilizar) no projeto ou desenvolvimento da solução? (Não é necessário escrever uma lista completa, mas isso ajudará na hora de alinhar qualquer experiência técnica específica de um juiz com o GRUPO a ser avaliado) (limite de 500 caracteres).
 - iv. Descrição do impacto da inovação (limite de 2000 caracteres).
 - v. Descrição do projeto (limite de 2000 caracteres).
 - vi. Descrição do modelo de negócios (limite de 2000 caracteres).

- vídeo de apresentação da ideia da equipe
 - o vídeos não podem ultrapassar dois (2) minutos.
 - o O vídeo deve ser submetido através de um link não-listado do Youtube.
- até 1 página (8,5 x 11 ou A4) de documentação complementar; recomendamos que seja usada para ilustrar quaisquer dados, desenhos, fotografias, para ajudar a mostrar o projeto.

Não inclua links ou redirecionamentos para conteúdos adicionais fora do que está descrito acima (ex. incluir link para página com imagens ou conteúdos adicionais); tais referências não serão analisadas.

3.4 Diretrizes de Avaliação

As diretrizes abaixo são usadas pelos juízes que avaliam o material enviado para a participação no Desafio de Inovação . Elas servem tanto para o avanço na competição como para a premiação nos FIRST® Global Innovation Awards. Trabalhar em equipe é um princípio fundamental da FIRST e é um ponto crítico para o sucesso de qualquer inovação, por isso, o Desafio de Inovação não foi desenvolvido para participação individual. Em cada um dos critérios, os juízes buscam especificamente:

3.4.3.1 *Problema ou Oportunidade*

A equipe delineou claramente um problema ou oportunidade, com evidências que fundamentam o que foi apresentado.

- As evidências podem incluir consultas a especialistas, dados, estudos/teorias aplicáveis e/ou pesquisas com usuários realizadas pela equipe.
- As equipes devem ter um problema ou oportunidade *totalmente* claros.
- Recomendamos que as evidências sejam obtidas de várias diferentes fontes confiáveis.

3.4.3.2 *Modelo de Negócios*

O modelo de negócios deve incluir uma proposta de valor clara, a viabilidade do modelo e uma descrição dos fatores/recursos necessários para a realização da implementação.

- As equipes devem ter sua proposta de valor validada por especialistas, potenciais usuários, ou ambos.
- Não é necessário uma ferramenta ou método específico, como o *business model canvas*, para apresentar o modelo de negócios.
- As equipes devem considerar uma grande variedade de fatores envolvidos na implementação. Além disso, recomendamos que a consideração de fatores ocorra a partir de múltiplas perspectivas.
- As equipes podem, por exemplo, criar uma estrutura completa de custos e receitas.

3.4.3.3 Impacto da Inovação

O material da equipe deve mostrar o potencial impacto da inovação e uma profunda compreensão de como esse impacto pode melhorar a vida das pessoas.

- As equipes demonstram de forma tangível o impacto esperado de sua inovação e como ela agrega valor, seja por volume, grau de impacto, ou ambos.
- O impacto pode ser demonstrado através de pesquisas, modelagem, prototipagem ou outros métodos.
- O impacto deverá ser real, robusto e convincente.
- As equipes podem refletir sobre como o impacto pode ser medido no início e/ou ao longo do tempo.

3.4.3.4 Design

- O design tem funcionalidade real e, de modo geral, é bastante abrangente.
- O design leva em consideração aspectos de confiabilidade e a experiência do usuário .
- As equipes conseguem explicar toda a ciência, matemática e/ou teoria por trás do design.
- O uso de tecnologia no processo de design e/ou desenvolvimento é robusto e criativo. As equipes devem utilizar tecnologia no processo de design, no desenvolvimento ou durante todo o design.
 - o Deve-se mostrar o design aos juízes, porém, a forma como isso será feito fica a critério das equipes. As equipes podem desenhar ou usar algum software para criar uma representação em 2D ou 3D de seu desenho. Não é necessário apresentar um protótipo físico. Mas, caso a equipe construa um protótipo, basta apresentar uma fotografia ou vídeo do protótipo em funcionamento para satisfazer o critério de mostrar o design aos juízes.
 - o As equipes podem pensar na possibilidade de construir um protótipo ou, caso não seja possível fazê-lo, os alunos podem fazer planos sobre como um protótipo poderia ser usado para testar e refinar o design.
 - o As equipes podem discutir a incorporação de um design inclusivo e universalmente acessível.

3.4.3.5 Pitch de Negócios

A equipe deve submeter uma apresentação de dois (2) minutos.

- Recomendamos o uso de recursos visuais e de, no máximo, oito (8) slides.
- A equipe pode incluir um vídeo em sua apresentação (por exemplo, uma animação em CAD ou vídeo de um protótipo), mas o vídeo não deve incluir áudio pré-gravado.

3.4.3.6 Ênfase do Desafio de Inovação

A(s) equipe(s) que tiver um ótimo desempenho *em cada uma* das áreas e critérios acima tem maior probabilidade de avançar no Desafio de Inovação . O aprendizado do processo de inovação é essencial para desenvolver em nossa futura força de trabalho habilidades de pensamento crítico e competências relacionadas à solução criativa de problemas, por isso, os juízes buscam apenas avaliar os elementos descritos nas [Diretrizes de Avaliação](#). Os juízes não estão procurando a próxima grande ideia ou inovação disruptiva, ou seja, eles não estão avaliando com base nos resultados que preveem para sua inovação. No entanto, como as equipes têm uma mentalidade de GAME CHANGERSSM, é provável que desenvolvam uma ideia tão brilhante quanto os principais inovadores atuais. Não levamos em consideração se a solução da equipe pode ou não chegar ao mercado, o importante é que a equipe articule de forma concisa todos os requisitos propostos.

4 PRÊMIOS TRADICIONAIS DE ATRIBUTOS DE EQUIPE

4.1 Visão geral

As equipes podem concorrer aos seguintes prêmios tradicionais de atributos de equipe:

- [Chairman's Award](#) ou [Rookie All Star Award](#)
- [FIRST Dean's List Award \(cada equipe envia para 2 estudantes\)](#)
- [Prêmio Inspiração em Engenharia](#)
- [Prêmio Gracious Professionalism](#)
- [Prêmio de Empreendedorismo](#)
- [Prêmio dos Juizes](#)
- [Prêmio Espírito de equipe](#)

Para serem elegíveis, as equipes devem realizar o envio dos materiais para estes prêmios através dos formulários na seção 1.7. Além do material submetido pelo formulário, as equipes devem participar de um processo de entrevista descrito na próxima seção.

4.2.1 Processo de Entrevista

As equipes que participam de uma entrevista remota com um painel de juizes da FIRST Robotics Competition que complementa a avaliação dos prêmios listados acima. Esta entrevista é dividida da seguinte forma:

1min de boas-vindas + 7min de apresentação + 7min de perguntas

Além disso, os estudantes indicados ao Dean's List Award também participaram de uma entrevista remota, **esta entrevista possui 10 minutos de duração e é conduzida pelos juizes.**

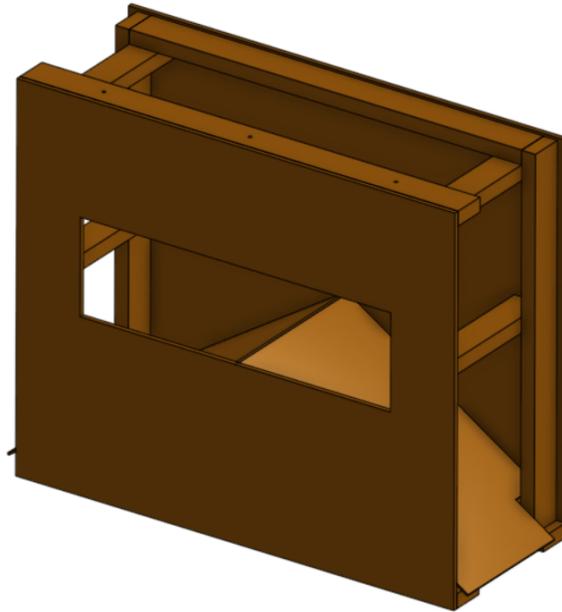
O formato é uma videoconferência através do Google Meet, sendo que as entrevistas irão ocorrer entre os dias 9/11 e 17/11.

5 GLOSSÁRIO

Termo	Definição
PORTA INFERIOR	um retângulo de 10 polegadas. (~25 cm) de altura e 2 pés e 10 polegadas. (~86 cm) de largura. A borda inferior fica a 1 pé e 6 polegadas. (~46 cm) acima do tapete.
PARA-CHOQUE	Peça obrigatória que se prende à estrutura do ROBÔ
CONTROLE	A CÉLULA DE ENERGIA está sob o CONTROLE do ROBÔ se: A. a CÉLULA DE ENERGIA estiver totalmente apoiada pelo ROBÔ, B. quando a CÉLULA DE ENERGIA viaja pela ARENA e o ROBÔ muda de direção, a CÉLULA DE ENERGIA vai junto com ele, ou C. o ROBÔ está segurando uma CÉLULA DE ENERGIA com o apoio de um elemento da ARENA, na tentativa de guardá-la ou protegê-la.
EQUIPE DE PILOTAGEM	conjunto de até cinco (5) pessoas da mesma equipe da FIRST Robotics Competition responsável pelo desempenho da equipe em uma PARTIDA específica.
ELEMENTO	corrente. Para os propósitos deste desafio, a definição de corrente é "uma série de elos ou anéis conectados ou encaixados uns nos outros e utilizados para diversos fins (tais como suporte, amarração, transmissão de potência mecânica, ou medição)".
GRUPO	conjunto de equipes que competem entre si por prêmios em um Desafio em Casa específico
JOGADOR HUMANO	um aluno pré-universitário membro da EQUIPE DE PILOTAGEM que atua como gerente das CÉLULAS DE ENERGIA
PORTA INTERNA	um círculo concêntrico de 1 pé e 1 polegada (~33 cm) de diâmetro e 2 pés e 5 ¼ polegadas (~74 cm) atrás (ou seja, no lado da ESTAÇÃO DE ALIANÇA) da PORTA EXTERNA. O centro fica a 8 pés e 2¼ pol. (~249 cm) acima do tapete.
MARCADOR	objetos físicos com uma seção transversal mínima de 2,5 pol. (~63 mm) de largura por 2,5 pol. (~63 mm) de profundidade e pelo menos 5 pol. (~127 mm) de altura, usados para marcar locais específicos relevantes para cada desafio.
PONTO DE NAV	locais específicos marcados no Diagrama do Layout Geral da Competição de Habilidades e usado para localizar os MARCADORES ou zonas para desafios específicos
CONSOLE DO OPERADOR	conjunto de COMPONENTES e MECANISMOS utilizados pelos PILOTOS e/ou JOGADOR HUMANO para transmitir comandos para a ROBÔ
PORTA EXTERNA	um hexágono regular com 2 pés e 6 polegadas. (~76 cm) de altura. O centro da PORTA EXTERNA fica a 8 pés e 2¼ pol. (~249 cm) acima do tapete.
CÉLULAS DE ENERGIA	Bola de espuma amarela de 7 polegadas. (~18 cm) de diâmetro. O logotipo da FIRST pode ser impresso em cada bola com tinta preta. A bola é feita pela Flaghouse (PN 1892 YEL) e vendida pela AndyMark (PN AM-4200)
PORTA DE ALIMENTAÇÃO	estrutura de 10 pés e 2¼ pol. (~310 cm) de altura por 4 pés (~122 cm) de largura (excluindo a placa traseira), localizada entre as ESTAÇÕES DOS JOGADORES 1 e 2.
ROBÔ	Estrutura eletromecânica construída pela equipe da FIRST Robotics Competition para disputar o jogo da temporada atual. Inclui todos os sistemas básicos necessários para ser um participante ativo no jogo - potência, comunicações, controle, PARA-CHOQUES, e movimento sobre a ARENA.

6 LAYOUT DE PORTA DE ALIMENTAÇÃO

6.1 Layout apenas para a porta de alimentação inferior



[Link para o CAD do modelo.](#)

6.1 Layout para a porta de alimentação completa



[Link para o CAD do modelo.](#)

7 REGRAS CONSTRUTIVAS PARA O ROBÔ

A próxima seção é um recorte do manual em inglês oficial da temporada de 2021 da FIRST Robotics Competition, nele estão presentes todas as regras e definições técnicas para a construção do robô da equipe.

9 ROBOT CONSTRUCTION RULES



This section of the 2021 FIRST® Robotics Competition Game Manual presents rules relevant to the construction of a 2021 FIRST Robotics Competition ROBOT. ROBOTS must pass Inspection at each FIRST Robotics Competition event to confirm compliance before being allowed to compete in a Qualification or Playoff MATCH, per [Inspection & Eligibility Rules](#).

9.1 Overview

The rules listed below explicitly address legal parts and materials and how those parts and materials may be used on a 2021 ROBOT. A ROBOT is an electromechanical assembly built by the FIRST Robotics Competition team to play the current season's game and includes all the basic systems required to be an active participant in the game –power, communications, control, BUMPERS, and movement about the FIELD.

There are many reasons for the structure of the rules, including safety, reliability, parity, creation of a reasonable design challenge, adherence to professional standards, impact on the competition, and compatibility with the Kit of Parts (KOP). The KOP is the collection of items listed on the 2020 and 2021 Kickoff Kit checklists, distributed to the team via FIRST Choice in the 2020 and/or 2021 season, or paid for completely (except shipping) with a Product Donation Voucher (PDV) from the 2020 and/or 2021 season.

Another intent of these rules is to have all energy sources and active actuation systems on the ROBOT (e.g. batteries, compressors, motors, servos, cylinders, and their controllers) drawn from a well-defined set of options. This is to ensure that all teams have access to the same actuation resources and that the Inspectors are able to accurately and efficiently assess the legality of a given part.

ROBOTS are made up of COMPONENTS and MECHANISMS. A COMPONENT is any part in its most basic configuration, which cannot be disassembled without damaging or destroying the part or altering its fundamental function. A MECHANISM is a COTS or custom assembly of COMPONENTS that provide specific functionality on the ROBOT. A MECHANISM can be disassembled (and then reassembled) into individual COMPONENTS without damage to the parts.

Many rules in this section reference Commercial-Off-The-Shelf (COTS) items. A COTS item must be a standard (i.e. not custom order) part commonly available from a VENDOR for all teams for purchase. To be a COTS item, the COMPONENT or MECHANISM must be in an unaltered, unmodified state (with the exception of installation or modification of any software). Items that are no longer commercially available but are functionally equivalent to the original condition as delivered from the VENDOR are considered COTS and may be used.

Example 1: A team orders two (2) ROBOT grippers from RoboHands Corp. and receives both items. They put one in their storeroom and plan to use it later. Into the other, they drill "lightening holes" to reduce weight. The first gripper is still classified as a COTS item, but the second gripper is now a FABRICATED ITEM, as it has been modified.

Example 2: A team obtains openly available blueprints of a drive module commonly available from Wheels-R-Us Inc. and has local machine shop "We-Make-It, Inc." manufacture a copy of the part for them. The produced part is NOT a COTS item, because it is not commonly carried as part of the standard stock of We-Make-It, Inc.

Example 3: A team obtains openly available design drawings from a professional publication during the pre-season, and uses them to fabricate a gearbox for their ROBOT during the build period following Kickoff. The design drawings are considered a COTS item, and may be used as “raw material” to fabricate the gearbox. The finished gearbox itself would be a FABRICATED ITEM, and not a COTS item.

Example 4: A COTS part that has non-functional label markings added would still be considered a COTS part, but a COTS part that has device-specific mounting holes added is a FABRICATED ITEM.

Example 5: A team has a COTS single-board processor version 1.0, which can no longer be purchased. Only the COTS single-board processor version 2.0 may be purchased. If the COTS single-board processor version 1.0 is functionally equivalent to its original condition, it may be used.

Example 6: A team has a COTS gearbox which has been discontinued. If the COTS gearbox is functionally equivalent to its original condition, it may be used.

A **VENDOR** is a legitimate business source for COTS items that satisfies all the following criteria:

- A.** has a Federal Tax Identification number. In cases where the **VENDOR** is outside of the United States, they must possess an equivalent form of registration or license with the government of their home nation that establishes and validates their status as a legitimate business licensed to operate within that country.
- B.** is not a “wholly owned subsidiary” of a *FIRST* Robotics Competition team or collection of teams. While there may be some individuals affiliated with both a team and the **VENDOR**, the business and activities of the team and **VENDOR** must be completely separable.
- C.** must be able to ship any general (i.e., non-*FIRST* unique) product within five business days of receiving a valid purchase request. It is recognized that certain unusual circumstances (such as 1,000 *FIRST* teams all ordering the same part at once from the same **VENDOR**) may cause atypical delays in shipping due to backorders for even the largest **VENDORS**. Such delays due to higher-than-normal order rates are excused.
- D.** should maintain sufficient stock or production capability to fill teams’ orders within a reasonable period during the season (less than 1 week). (Note that this criterion may not apply to custom-built items from a source that is both a **VENDOR** and a fabricator. For example, a **VENDOR** may sell flexible belting that the team wishes to procure to use as treads on their drive system. The **VENDOR** cuts the belting to a custom length from standard shelf stock that is typically available, welds it into a loop to make a tread, and ships it to a team. The fabrication of the tread takes the **VENDOR** two weeks. This would be considered a FABRICATED ITEM, and the two-week ship time is acceptable.) Alternately, the team may decide to fabricate the treads themselves. To satisfy this criterion, the **VENDOR** would just have to ship a length of belting from shelf stock (i.e. a COTS item) to the team within five business days and leave the welding of the cuts to the team.
- E.** makes their products available to all *FIRST* Robotics Competition teams. A **VENDOR** must not limit supply or make a product available to just a limited number of *FIRST* Robotics Competition teams.

The intent of this definition is to be as inclusive as possible to permit access to all legitimate sources, while preventing ad hoc organizations from providing special-purpose products to a limited subset of teams in an attempt to circumvent the cost accounting rules.

FIRST desires to permit teams to have the broadest choice of legitimate sources possible, and to obtain COTS items from the sources that provide them with the best prices and level of service available. Teams also need to protect against long delays in availability of parts that will impact their ability to complete their ROBOT. The build season is brief, so the VENDOR must be able to get their product, particularly *FIRST* unique items, to a team in a timely manner.

Ideally, chosen VENDORS should have national distributors (e.g. Home Depot, Lowes, MSC, McMaster-Carr, etc.). Remember, *FIRST* Robotics Competition events are not always near home – when parts fail, local access to replacement materials is often critical.

A FABRICATED ITEM is any COMPONENT or MECHANISM that has been altered, built, cast, constructed, concocted, created, cut, heat treated, machined, manufactured, modified, painted, produced, surface coated, or conjured partially or completely into the final form in which it will be used on the ROBOT.

Note that it is possible for an item (typically raw materials) to be neither COTS nor a FABRICATED ITEM. For example, a 20 ft. (~610 cm) length of aluminum which has been cut into 5 ft. (~152 cm) pieces by the team for storage or transport is neither COTS (it's not in the state received from the VENDOR), nor a FABRICATED ITEM (the cuts were not made to advance the part towards its final form on the ROBOT).

Teams may be asked to provide documentation proving legality of non-2020 or 2021 KOP items during Inspection where a rule specifies limits for a legal part (e.g. pneumatic items, current limits, COTS electronics, etc.).

Some of these rules make use of English unit requirements for parts. If your team has a question about a metric-equivalent part's legality, please e-mail your question to frcparts@firstinspires.org for an official ruling. To seek approval for alternate devices for inclusion in future *FIRST* Robotics Competition seasons, please contact frcparts@firstinspires.org with item specifications.

Teams should acknowledge the support provided by the corporate Sponsors and mentors with an appropriate display of their school and Sponsors names and/or logos (or the name of the supporting youth organization, if appropriate).

FIRST Robotics Competition can be a full-contact competition and may include rigorous game play. While the rules aim to limit severe damage to ROBOTS, teams should design their ROBOTS to be robust.

9.2 General ROBOT Design

R1. The ROBOT (excluding BUMPERS) must have a FRAME PERIMETER, contained within the BUMPER ZONE and established while in the ROBOT'S STARTING CONFIGURATION, that is comprised of fixed, non-articulated structural elements of the ROBOT. Minor protrusions no greater than ¼ in. (~6 mm) such as bolt heads, fastener ends, weld beads, and rivets are not considered part of the FRAME PERIMETER.

To determine the FRAME PERIMETER, wrap a piece of string around the ROBOT (excluding BUMPERS) at the BUMPER ZONE described in R18 and pull it taut. The string outlines the FRAME PERIMETER.

Example: A ROBOT'S chassis is shaped like the letter 'V', with a large gap between chassis elements on the front of the ROBOT. When wrapping a taut string around this

chassis, the string extends across the gap and the resulting FRAME PERIMETER is a triangle with three sides.

- R2.** In the STARTING CONFIGURATION (the physical configuration in which a ROBOT starts a MATCH), no part of the ROBOT shall extend outside the vertical projection of the FRAME PERIMETER, with the exception of its BUMPERS and minor protrusions such as bolt heads, fastener ends, rivets, cable ties, etc.

If a ROBOT is designed as intended and each side is pushed up against a vertical wall (in STARTING CONFIGURATION and with BUMPERS removed), only the FRAME PERIMETER (or minor protrusions) will be in contact with the wall.

The allowance for minor protrusions in R2 is intended to allow protrusions that are both minor in extension from the FRAME PERIMETER and cross-sectional area.

If a ROBOT uses interchangeable MECHANISMS per I3, Teams should be prepared to show compliance with R2 and R4 in all configurations.

- R3.** A ROBOT'S STARTING CONFIGURATION may not have a FRAME PERIMETER greater than 120 in. (~304 cm) and may not be more than 45 in. (~114 cm) tall.

Be sure to consider the size of the ROBOT on its cart to make sure it will fit through doors. Also consider the size of the ROBOT to ensure that it will fit into a shipping crate, vehicle, etc.

Note that the BUMPER Rules contained in [BUMPER Rules](#) may impose additional restrictions on ROBOT design.

- R4.** ROBOTS may not extend more than 12 in. (~30 cm) beyond their FRAME PERIMETER (see Figure 9-1)

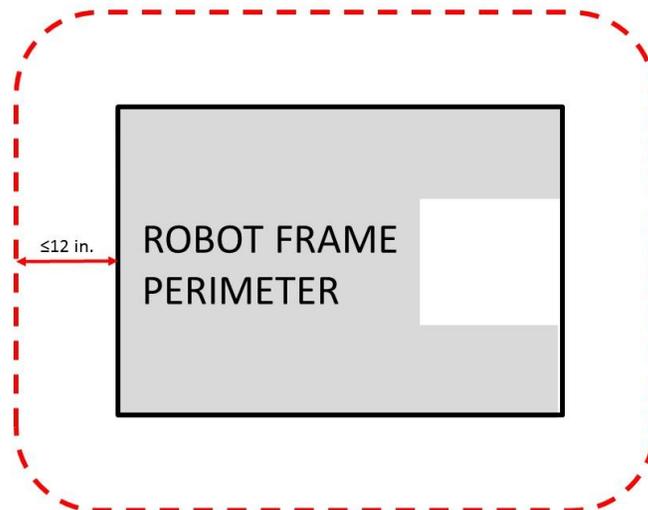


Figure 9-1 FRAME PERIMETER extension

Expect to have to demonstrate a ROBOT'S ability to constrain itself per above during Inspection. Constraints may be implemented with either hardware or software.

See [Game Rules: ROBOTS](#) for height and extension restrictions for various areas of the FIELD.

- R5.** The ROBOT weight must not exceed 125 lbs. (~56 kg). When determining weight, the basic ROBOT structure and all elements of all additional MECHANISMS that might be used in a single configuration of the ROBOT shall be weighed together (see I3).

For the purposes of determining compliance with the weight limitations, the following items are excluded:

- A.** ROBOT BUMPERS
- B.** ROBOT battery and its associated half of the Anderson cable quick connect/disconnect pair (including no more than 12 in. (~30 cm) of cable per leg, the associated cable lugs, connecting bolts, and insulation)
- C.** tags used for location detection systems if provided by the event

9.3 ROBOT Safety & Damage Prevention

- R6.** Traction devices must not have surface features that could damage the ARENA (e.g. metal, sandpaper, hard plastic studs, cleats, hook-loop fasteners or similar attachments). Traction devices include all parts of the ROBOT that are designed to transmit any propulsive and/or braking forces between the ROBOT and FIELD carpet.
- R7.** Protrusions from the ROBOT and exposed surfaces on the ROBOT shall not pose hazards to the ARENA elements (including the POWER CELLS) or people.
- R8.** ROBOT parts shall not be made from hazardous materials, be unsafe, cause an unsafe condition, or interfere with the operation of other ROBOTS.

Examples of items that will violate R8 include (but are not limited to):

- a. Shields, curtains, or any other devices or materials designed or used to obstruct or limit the vision of any DRIVERS and/or COACHES and/or interfere with their ability to safely control their ROBOT
- b. Speakers, sirens, air horns, or other audio devices that generate sound at a level sufficient to be a distraction
- c. Any devices or decorations specifically intended to jam or interfere with the remote sensing capabilities of another ROBOT, including vision systems, acoustic range finders, sonars, infrared proximity detectors, etc. (e.g. including imagery on your ROBOT that, to a reasonably astute observer, mimics the retro-reflective features of vision targets described in [Vision Targets](#))
- d. Exposed lasers other than Class I.
- e. Flammable gasses
- f. Any device intended to produce flames or pyrotechnics
- g. Hydraulic fluids or hydraulic items
- h. Switches or contacts containing liquid mercury
- i. Circuitry used to create voltages in excess of 24 Volts
- j. Any ballast not secured sufficiently, including loose ballast e.g. sand, ball bearings, etc., such that it may become loose during a MATCH
- k. Exposed, untreated hazardous materials (e.g. lead weights) used on the ROBOT. These materials may be permitted if painted, encapsulated or otherwise sealed to prevent contact. These materials may not be machined in any way at an event.
- l. Tire sealant

m. High intensity light sources used on the ROBOT (e.g. super bright LED sources marketed as ‘military grade’ or ‘self-defense’) may only be illuminated for a brief time while targeting and may need to be shrouded to prevent any exposure to participants. Complaints about the use of such light sources will be followed by re-inspection and possible disablement of the device.
Teams should provide MSD Sheets for any materials they use that might be considered questionable during ROBOT Inspection.

R9. ROBOTS must allow removal of game pieces from the ROBOT and the ROBOT from FIELD elements while DISABLED and powered off.

ROBOTS will not be re-enabled after the MATCH, so teams must be sure that game pieces and ROBOTS can be quickly, simply, and safely removed.

Teams are encouraged to consider rule C7 when developing their ROBOTS.

R10. Lubricants may be used only to reduce friction within the ROBOT. Lubricants must not contaminate the FIELD or other ROBOTS.

9.4 Budget Constraints & Fabrication Schedule

R11. This rule has been removed for the 2021 season.

R12. No individual, non-KOP item or software used on the ROBOT shall have a Fair Market Value that exceeds \$500 USD. The total cost of COMPONENTS purchased in bulk may exceed \$500 USD as long as the cost of an individual COMPONENT does not exceed \$500 USD.

Teams should be ready to show inspectors documentation of Fair Market Value (FMV) for any COMPONENTS that appear to be in the range of the \$500 USD limit.

The Analog Devices ADIS16448 IMU MXP Breakout Board does not have a published FMV. This device is considered to comply with R12 regardless of its true FMV.

The FMV of a COTS item is its price defined by a VENDOR for the part or an identical functional replacement. This price must be generally available to all *FIRST* Robotics Competition teams throughout the build and competition season (i.e. short-term sale prices or coupons do not reflect FMV), however teams are only expected to make a good faith effort at determining the item price and are not expected to monitor prices of ROBOT items throughout the season. The FMV is the cost of the item itself and does not include any duties, taxes, tariffs, shipping, or other costs that may vary by locality.

The FMV of COTS software is the price, set by the VENDOR, to license the software (or component of the software) that runs on the ROBOT for the period from Kickoff to the end of the *FIRST* Championship. The FMV of software licensed free-of-cost, including through the Virtual KOP, for use on the ROBOT is \$0.

The FMV of FABRICATED parts is the value of the material and/or labor, except for labor provided by team members (including sponsor employees who are members of the team), members of other teams, and/or event provided Machine Shops. Material costs are accounted for as the cost of any purchasable quantity that can be used to make the individual part (i.e. the purchasable raw material is larger than the FABRICATED part).

Example 1: A team orders a custom bracket made by a company to the team’s specification. The company’s material cost and normally charged labor rate apply.

Example 2: A team receives a donated sensor. The company would normally sell this item for \$450 USD, which is therefore its FMV.

Example 3: A team purchases titanium tube stock for \$400 USD and has it machined by a local machine shop. The machine shop is not considered a team Sponsor but donates two (2) hours of expended labor anyway. The team must include the estimated normal cost of the labor as if it were paid to the machine shop and add it to the \$400 USD.

Example 4: A team purchases titanium tube stock for \$400 USD and has it machined by a local machine shop that is a recognized Sponsor of the team. If the machinists are considered members of the team, their labor costs do not apply. The total applicable cost for the part would be \$400 USD.

It is in the best interests of the teams and FIRST to form relationships with as many organizations as possible. Teams are encouraged to be expansive in recruiting and including organizations in their team, as that exposes more people and organizations to FIRST. Recognizing supporting companies as Sponsors of, and members in, the team is encouraged, even if the involvement of the Sponsor is solely through the donation of fabrication labor.

Example 5: A team purchases titanium tube stock for \$400 USD and has it machined by another team. The total applicable cost for the part would be \$400 USD.

Example 6: A team purchases a widget at a garage sale or online auction for \$300, but it's available for sale from a VENDOR for \$700. The FMV is \$700.

If a COTS item is part of a modular system that can be assembled in several possible configurations, then each individual module must fit within the price constraints defined in R12.

If the modules are designed to assemble into a single configuration, and the assembly is functional in only that configuration, then the total cost of the complete assembly including all modules must fit within the price constraints defined in R12.

In summary, if a VENDOR sells a system or a kit, a team must use the entire system/kit FMV and not the value of its COMPONENT pieces.

Example 1: VENDOR A sells a gearbox that can be used with a number of different gear sets, and can mate with two different motors they sell. A team purchases the gearbox, a gear set, and a motor, then assembles them together. Each part is treated separately for the purpose of determining FMV, since the purchased pieces can each be used in various configurations.

Example 2: VENDOR B sells a robotic arm assembly that the team wants to use. However, it costs \$700 USD, so they cannot use it. The VENDOR sells the "hand", "wrist", and "arm" as separate assemblies, for \$200 USD each. A team wishes to purchase the three items separately, then reassemble them. This would not be legal, as they are really buying and using the entire assembly, which has a FMV of \$700 USD.

Example 3: VENDOR C sells a set of wheels or wheel modules that are often used in groups of four. The wheels or modules can be used in other quantities or configurations. A team purchases four and uses them in the most common configuration. Each part is treated separately for the purpose of determining FMV, since the purchased pieces can be used in various configurations.

R13. This rule has been removed for the 2021 season.

- R14.** This rule has been removed for the 2021 season.
- R15.** This rule has been removed for the 2021 season.
- R16.** During an event a team is attending (regardless of whether the team is physically at the event location), the team may neither work on nor practice with their ROBOT or ROBOT elements outside of the hours that pits are open, with the following exceptions:
- A.** OPERATOR CONSOLE,
 - B.** BUMPERS (a protective assembly designed to attach to the exterior of the ROBOT and constructed as specified in [BUMPER Rules](#)),
 - C.** battery assemblies as described in R5-B,
 - D.** FABRICATED ITEMS consisting of one COTS electrical device (e.g. a motor or motor controller) and attached COMPONENTS associated with any of the following modifications:
 - i. wires modified to facilitate connection to a ROBOT (including removal of existing connectors)
 - ii. connectors and any materials to secure and insulate those connectors added (Note: passive PCBs such as those used to adapt motor terminals to connectors are considered connectors)
 - iii. motor shafts modified and/or gears, pulleys, or sprockets added
 - iv. motors modified with a filtering capacitor as described in the Blue Box below R56
 - E.** COTS items with any of the following modifications:
 - i. Non-functional decoration or labeling
 - ii. Assembly of COTS items per manufacturer specs, unless the result constitutes a MAJOR MECHANISM as defined in I1
 - F.** Software development
 - G.** Batteries may be charged during the designated Load-in time

For the purposes of this rule, official events begin at the start of the first designated Load-in period, according to the Public Schedule. If the Public Schedule is not available or the Public Schedule does not include a Load-in period, the event begins at 6 AM local time. Examples of activity prohibited by R16 include:

- a. Working on the ROBOT at the team's shop after Load-in for the event has begun
- b. Working on ROBOT parts at night at the team's hotel.

Note that E8 and E20 impose additional restrictions on work done on the ROBOT or ROBOT materials while attending an event.

One purpose of R16 is to increase equity between teams with significant travel to an event and those nearby (close teams would otherwise have an advantage by being able to work on their ROBOT, in their shop, until it's time to go to the event).

9.5 BUMPER Rules

A BUMPER is a required assembly which attaches to the ROBOT frame. BUMPERS protect ROBOTS from damaging/being damaged by other ROBOTS and FIELD elements. Criteria used in writing these rules includes the following:

- Minimize variety of BUMPERS so teams can expect consistency
- Minimize the amount of design challenge in creating BUMPERS
- Minimize cost of BUMPER materials
- Maximize use of relatively ubiquitous materials

R17. ROBOTS are required to use BUMPERS to protect all outside corners of the FRAME PERIMETER. For adequate protection, at least 6 in. (~16 cm) of BUMPER must be placed on each side of each outside corner (see Figure 9-2 BUMPER corner examples) and must extend to within ¼ in. (~6 mm) of the FRAME PERIMETER corner. If a FRAME PERIMETER side is shorter than 12 in. (~31 cm), that entire side must be protected by BUMPER (see Figure 9-3). A round or circular FRAME PERIMETER, or segment of the FRAME PERIMETER, is considered to have an infinite number of corners, therefore the entire frame or frame segment must be completely protected by BUMPER(S).

The dimension defined in R17 is measured along the FRAME PERIMETER. The portion of the BUMPER that extends beyond the corner of the FRAME PERIMETER is not included in the 6 in. (~16 cm) requirement. See Figure 9-2.

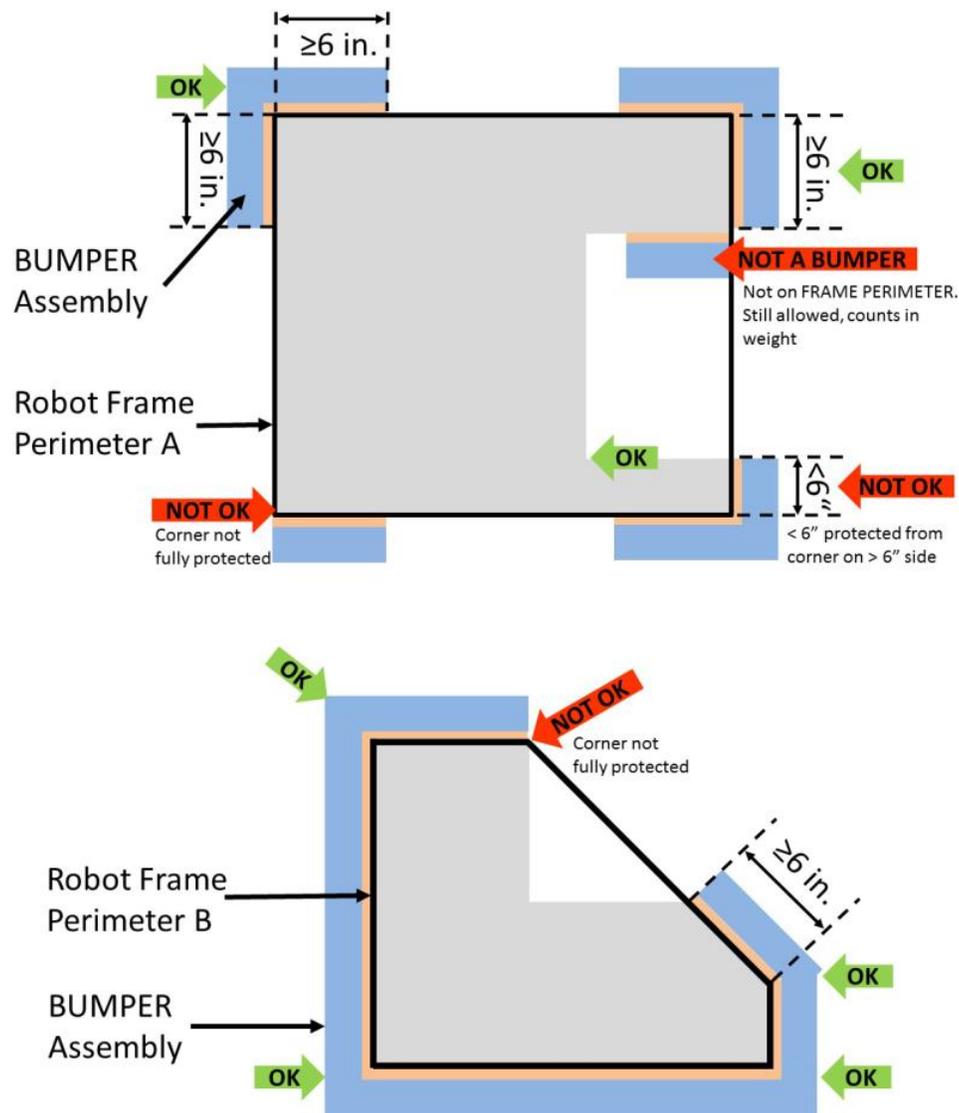


Figure 9-2 BUMPER corner examples

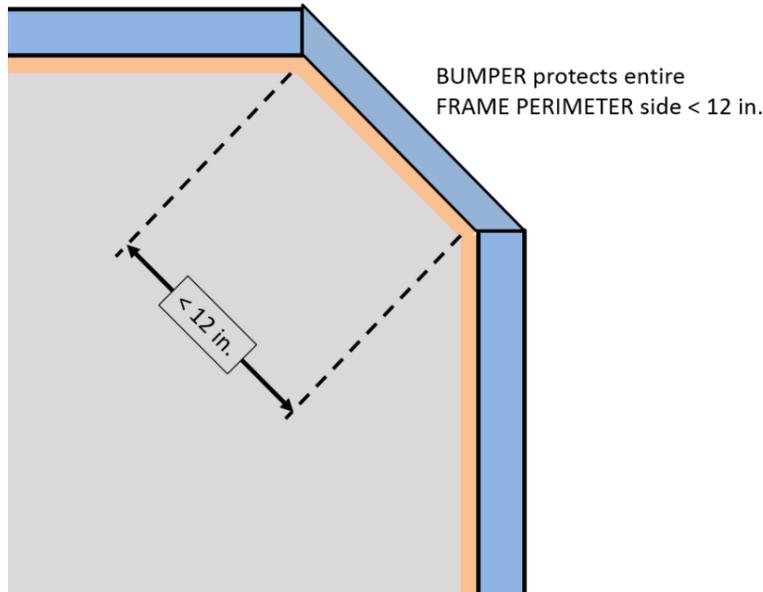


Figure 9-3 BUMPER around full side/corner

- R18.** Except as allowed per G16, BUMPERS must be located entirely within the BUMPER ZONE, which is the volume contained between the floor and a virtual horizontal plane 7½ in. (~19 cm) above the floor in reference to the ROBOT standing normally on a flat floor. BUMPERS do not have to be parallel to the floor.

This measurement is intended to be made as if the ROBOT is resting on a flat floor (without changing the ROBOT configuration), not relative to the height of the ROBOT from the FIELD carpet. Examples include:

Example 1: A ROBOT that is at an angle while navigating the FIELD has its BUMPERS outside the BUMPER ZONE. If this ROBOT were virtually transposed onto a flat floor, and its BUMPERS are in the BUMPER ZONE, it meets the requirements of R18.

Example 2: A ROBOT deploys a MECHANISM which lifts the BUMPERS outside the BUMPER ZONE (when virtually transposed onto a flat floor). This violates R18.

- R19.** BUMPERS must not be articulated (relative to the FRAME PERIMETER).
- R20.** BUMPERS (the entire BUMPER, not just the cover) must be designed for quick and easy installation and removal to facilitate Inspection and weighing.

As a guideline, BUMPERS should be able to be installed or removed by two (2) people in fewer than five (5) minutes.

- R21.** Each ROBOT must be able to display primarily Red or Blue BUMPERS to MATCH their ALLIANCE color, as assigned in the MATCH schedule distributed at the event (as described in [MATCH Schedules](#)). A BUMPER is considered primarily Red or Blue if all displayed BUMPER surfaces other than corners (i.e. everywhere the BUMPER is backed by the FRAME PERIMETER) displays the appropriate color. Any visible fabric other than the primary color must be a solid color. See Figure 9-4. BUMPER Markings visible when installed on the ROBOT, other than the following, are prohibited:

- A. those required per R22,
- B. hook-and-loop fastener or snap fasteners backed by the hard parts of the BUMPER, and
- C. solid white FIRST logos between 4¾ in. (~12 cm) and 5¼ in. wide (~13 cm) (i.e. comparable to those available in the [2021 Virtual Kit](#)).

The FRAME PERIMETER facing surfaces and short perpendicular “ends” of BUMPERS are not “displayed” and thus R21 does not apply.

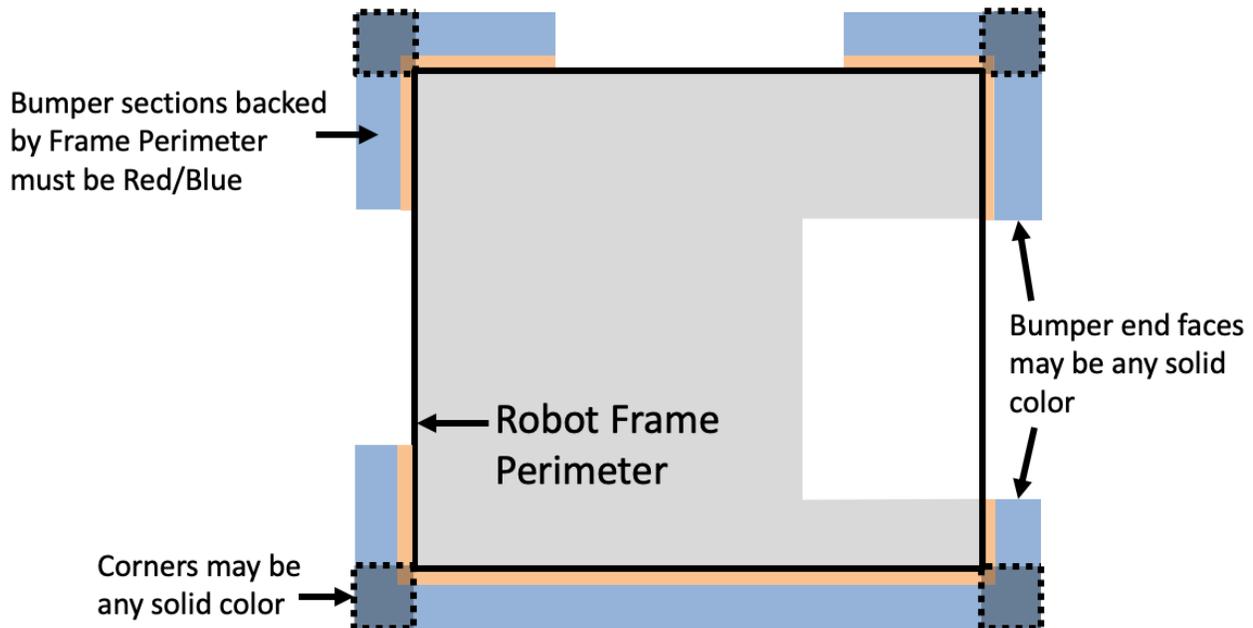


Figure 9-4 BUMPER color example

- R22.** Team numbers must be displayed and positioned on the BUMPERS such that an observer walking around the perimeter of the ROBOT can unambiguously tell the team’s number from any point of view and meet the following additional criteria:
- A. consist of only Arabic numerals at least 4 in. (~11 cm) high, at least ½ in. (~13 mm) in stroke width, and be either white in color or outlined in white with a minimum 1/16 in. (~2 mm) outline

The ½ in. (~13 mm) stroke width requirement applies to the majority of the stroke. Font elements less than ½ in. (~13 mm) such as serifs, rounded edges, small hairlines or gaps, etc. are permitted as long as the majority of the stroke meets the sizing requirement and the numbers are unambiguous.

- B. must not wrap around sharp corners (less than 160 degrees) of the FRAME PERIMETER
- C. may not substitute logos or icons for numerals

There is no prohibition against splitting team numbers onto different sections of BUMPER. The intent is that the team’s number is clearly visible and unambiguous so that Judges, REFEREES, Announcers, and other teams can easily identify competing ROBOTS.

This marking is intended to display the team number only, not to intentionally change the surface characteristics of the BUMPER. Excessive material usage as part of any team number marking will invite close scrutiny.

- R23.** Each set of BUMPERS (including any fasteners and/or structures that attach them to the ROBOT) must weigh no more than 15 lbs. (~6 kg).

If a multi-part attachment system is utilized (e.g. interlocking brackets on the ROBOT and the BUMPER), then the elements permanently attached to the ROBOT will be considered part of the ROBOT, and the elements attached to the BUMPERS will be considered part of the BUMPER. Each element must satisfy all applicable rules for the relevant system.

- R24.** BUMPERS must be constructed as follows (see Figure 9-7):

- A.** be backed by $\frac{3}{4}$ in. (nominal) thick (~19mm) by 5 in. \pm $\frac{1}{2}$ in. (~127 mm \pm 12.7 mm) tall plywood, Oriented Strand Board (OSB) or solid wood (with the exception of balsa). Small clearance pockets and/or access holes in the wood backing are permitted, as long as they do not significantly affect the structural integrity of the BUMPER.

$\frac{3}{4}$ in. Plywood and OSB refer to items sold by VENDORS as that material and thickness, teams may not fabricate their own plywood or OSB. Other engineered woods such as Fiberboard or Particle Board are not likely to survive the rigors of *FIRST* Robotics Competition gameplay and thus not permitted in R24-A.

Note: $\frac{3}{4}$ in. plywood is now often marked according to the actual dimension ($\frac{23}{32}$ in.) not the nominal size. Plywood sold as $\frac{23}{32}$ in. meets the requirements of R24-A.

- B.** hard BUMPER parts allowed per R24-A, -E, -F, and -G must not extend more than 1 in. (~25 mm) beyond the FRAME PERIMETER (measured as shown in Figure 9-5).

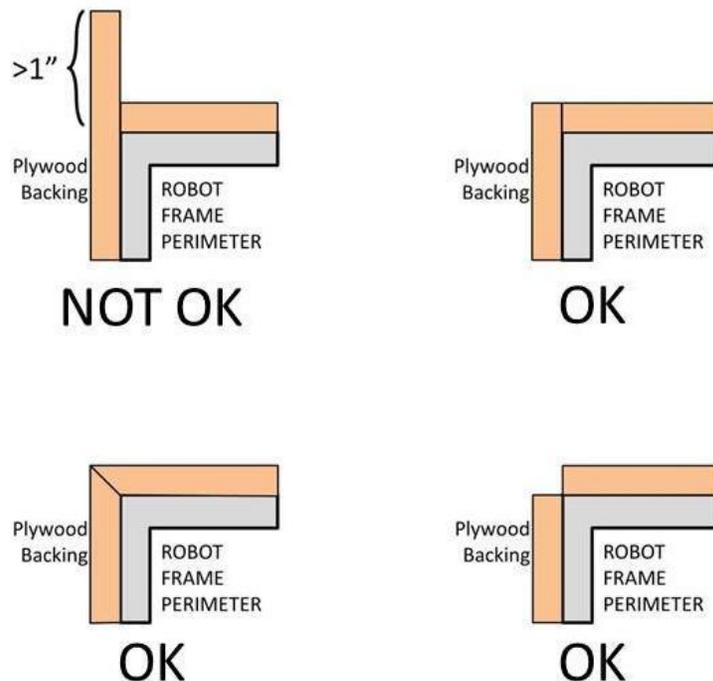


Figure 9-5 Hard parts of BUMPER corners

- C. use a stacked pair of approximately 2½ in. (nominal, ~63mm) round, petal, or hex “pool noodles” (solid or hollow) as the BUMPER cushion material (see Figure 9-7). All pool noodles used in a BUMPER set (e.g. Red set of BUMPERS) may not be modified (with the exception of cutting to length or cutting to facilitate mating pool noodles at the corners as required by R25) or deformed and must be the same diameter, cross-section, and density (e.g. all round hollow or all hex solid). Cushion material may extend up to 2½ in. (~63 mm) beyond the end of the plywood (see Figure 9-8). To assist in applying the fabric covering, soft fasteners may be used to attach the pool noodles to the wood backing, so long as the cross section in Figure 9-7 is not significantly altered (e.g. tape compressing the pool noodles).

All pool noodles used on a ROBOT must be the same in order to maintain the desired interaction between ROBOTS in the cases of BUMPER-to-BUMPER contact. BUMPERS containing pool noodles of vastly different construction may cause a “ramp” effect when interacting with other BUMPERS.

Minor noodle compression as a result of smoothing BUMPER fabric or rounding a FRAME PERIMETER corner is not considered deformed. Any compression beyond that, e.g. for the purposes of flattening the noodle, is deformation and a violation of R24-C.

- D. be covered with a rugged, smooth cloth. (multiple layers of cloth and seams are permitted if needed to accommodate R21 and/or R22, provided the cross section in Figure 9-7 is not significantly altered).

Silk and bedding are not considered rugged cloths, however 1000D Cordura is. Tape (e.g. gaffer’s tape) matching the BUMPER color is allowed to patch small holes on a temporary basis.

It is expected that there may be multiple layers of cloth as fabric is folded to accommodate the corners and seams of BUMPERS.

The cloth must completely enclose all exterior surfaces of the wood and pool noodle material when the BUMPER is installed on the ROBOT. The fabric covering the BUMPERS must be solid in color.

BUMPER corners and “ends”, shown in Figure 9-4, must be solid in color, but do not need to be the same color as the rest of the BUMPER, as described in R21.

- E. optionally use metal angle, as shown in Figure 9-7 or other fasteners (e.g. staples, screws, adhesives, etc.) to clamp cloth.
- F. optionally use metal brackets (i.e. angle or sheet metal) or other fasteners (e.g. staples, screws, adhesives, etc.) to attach BUMPER segments to each other (see Figure 9-6).

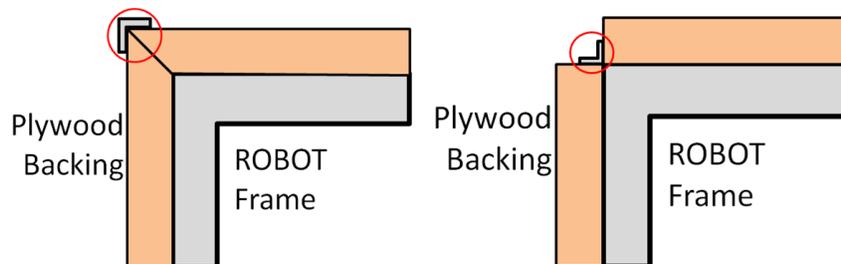


Figure 9-6 Hard parts of BUMPER corners

- G. must attach to the FRAME PERIMETER of the ROBOT with a rigid fastening system to form a tight, robust connection to the main structure/frame (e.g. not attached with hook-and-loop, tape, or tie-wraps). The attachment system must be designed to withstand vigorous game play. All removable fasteners (e.g. bolts, locking pins, pip-pins, etc.) will be considered part of the BUMPERS.

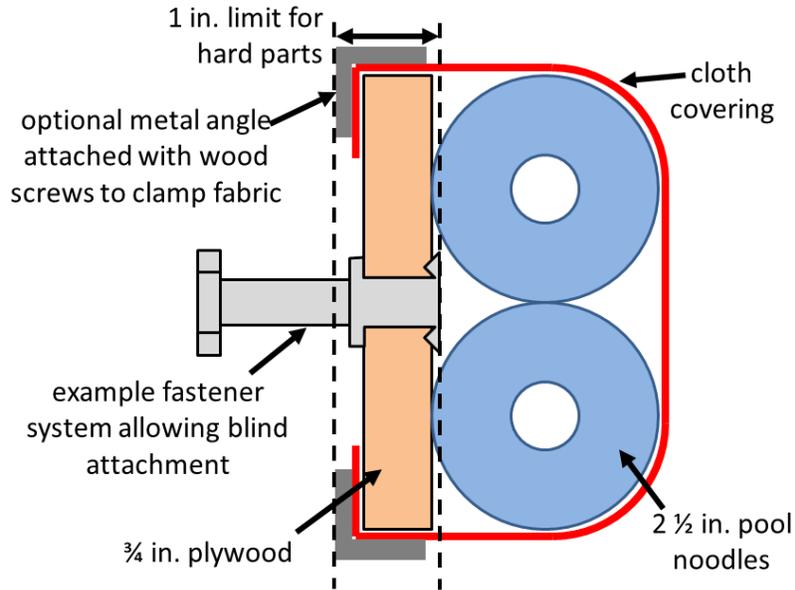


Figure 9-7 BUMPER vertical cross section

- R25. Corner joints between BUMPERS must be filled with pool noodle material. Examples of implementation are shown in Figure 9-8.

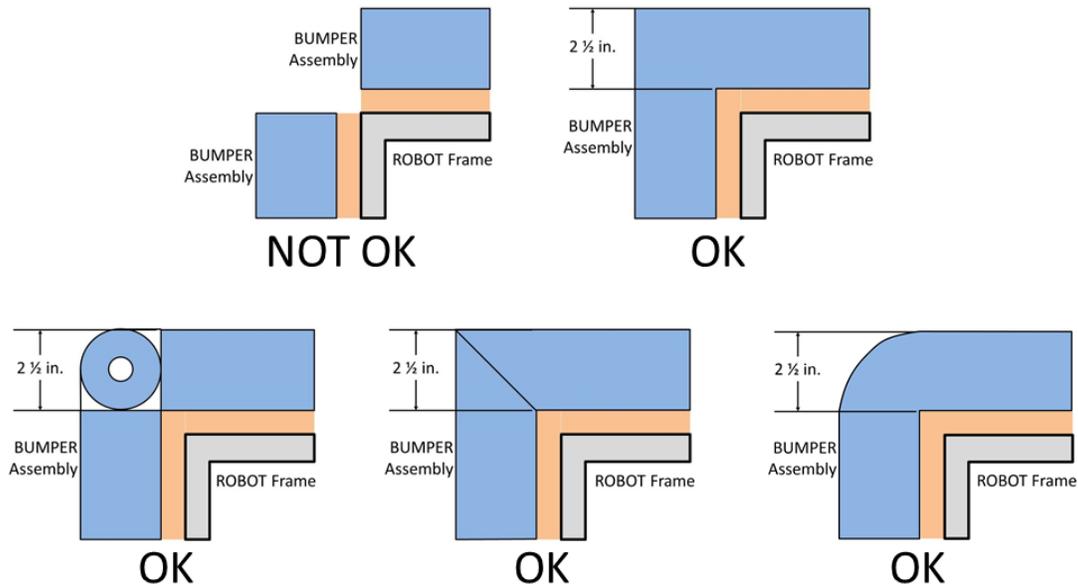


Figure 9-8 Soft parts of BUMPER corners

R26. BUMPERS must be supported by the structure/frame of the ROBOT (see Figure 9-9). To be considered supported, a minimum of ½ in. (~13 mm) at each end of each BUMPER wood segment must be backed by the FRAME PERIMETER ($\leq 1/4$ in. gap, ~6mm). “Ends” exclude hard BUMPER parts which extend past the FRAME PERIMETER permitted by R24-B. Additionally, any gap between the backing material and the frame:

- A. must not be greater than ¼ in. (~6 mm) deep, or
- B. not more than 8 in. (~20 cm) wide

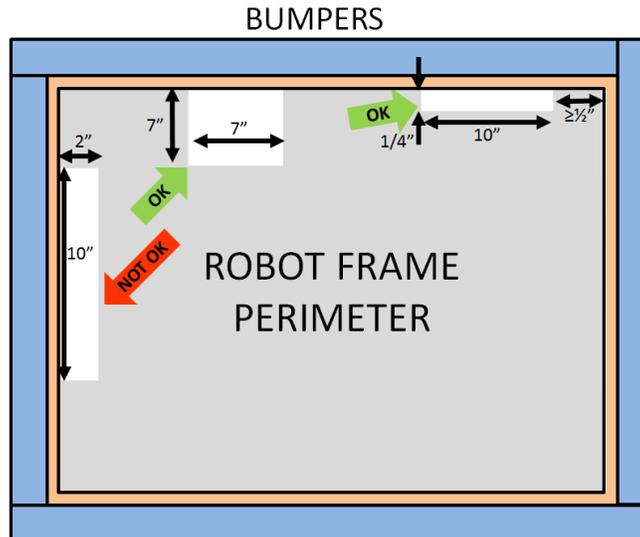


Figure 9-9 BUMPER support examples

The intent of this rule is to make sure the BUMPER wood is properly supported to minimize the likelihood of breakage on impact. Flexible ROBOT elements, such as thin plastic, do not accomplish this intent and are not considered “structure/frame” of the ROBOT.

9.6 Motors & Actuators

R27. The only motors and actuators permitted on 2021 ROBOTS include the following (in any quantity):

Table 9-1 Motor allowances

Motor Name	Part Numbers Available	
AndyMark 9015	am-0912	AndyMark 9015
AndyMark NeveRest	am-3104	
AndyMark PG	am-2161 (alt. PN am-2765)	am-2194 (alt. PN am-2766)
AndyMark RedLine Motor	am-3775	am-3775a
AndyMark Snow Blower Motor	am-2235	am-2235a
Banebots	am-3830 M7-RS775-18 RS775WC-8514	M5 – RS550-12 RS550VC-7527 RS550
CIM	FR801-001 M4-R0062-12 AM802-001A 217-2000 PM25R-44F-1005	PM25R-45F-1004 PM25R-45F-1003 PMR25R-45F-1003 PMR25R-44F-1005 am-0255
CTR Electronics/VEX Robotics Falcon 500	217-6515 am-6515	19-708850 am-6515_Short
Current/former KOP Automotive motors	Denso AE235100-0160 Denso 5-163800-RC1 Denso 262100-3030	Denso 262100-3040 Bosch 6 004 RA3 194-06 Johnson Electric JE-PLG-149
Nidec Dynamo BLDC Motor	am-3740	DM3012-1063
Playing with Fusion Venom	BDC-10001	
REV Robotics HD Hex Motor	REV-41-1291	
REV Robotics NEO Brushless	REV-21-1650	
REV Robotics NEO 550	REV-21-1651	
VEX BAG	217-3351	
VEX Mini-CIM	217-3371	
West Coast Products RS775 Pro	217-4347	
Electrical solenoid actuators, no greater than 1 in. (nominal) stroke and rated electrical input power no greater than 10 watts (W) continuous duty at 12 volts (VDC)		
Fans, no greater than 120mm (nominal) size and rated electrical input power no greater than 10 watts (W) continuous duty at 12 volts (VDC)		
Hard drive motors part of a legal COTS computing device		
Factory installed vibration and autofocus motors resident in COTS computing devices (e.g. rumble motor in a smartphone).		
PWM COTS servos with a retail cost < \$75.		
Motors integral to a COTS sensor (e.g. LIDAR, scanning sonar, etc.), provided the device is not modified except to facilitate mounting		
One (1) compressor compliant with R79 and used to compress air for the ROBOT'S pneumatic system		

For servos, note that the roboRIO is limited to a max current output of 2.2A on the 6V rail (12.4W of electrical input power). Teams should make sure that their total servo power usage remains below this limit at all times.

Given the extensive amount of motors allowed on the ROBOT, teams are encouraged to consider the total power available from the ROBOT battery during the design and build of

the ROBOT. Drawing large amounts of current from many motors at the same time could lead to drops in ROBOT battery voltage that may result in tripping the main breaker or trigger the brownout protection of the roboRIO. For more information about the roboRIO brownout protection and measuring current draw using the PDP, see [roboRIO Brownout and Understanding Current Draw](#).

AndyMark PG Gearmotors are sold with labeling based on the entire assembly. Assemblies labeled am-3651 through am-3656 contain legal motors specified in the table above. These motors may be used with or without the provided gearbox.

R28. The integral mechanical and electrical system of any motor must not be modified. Motors, servos, and electric solenoids used on the ROBOT shall not be modified in any way, except as follows:

- A.** The mounting brackets and/or output shaft/interface may be modified to facilitate the physical connection of the motor to the ROBOT and actuated part.
- B.** The electrical leads may be trimmed to length as necessary and connectors or splices to additional wiring may be added.
- C.** The locking pins on the window motors (P/N: 262100-3030 and 262100-3040) may be removed.
- D.** The connector housings on KOP Automotive motors listed in Table 9-1 may be modified to facilitate lead connections.
- E.** Servos may be modified as specified by the manufacturer (e.g. re-programming or modification for continuous rotation).
- F.** The wiring harness of the Nidec Dynamo BLDC Motor may be modified as documented by FIRST in the [“Nidec Dynamo BLDC Motor with Controller” article](#).
- G.** Minimal labeling applied to indicate device purpose, connectivity, functional performance, etc.
- H.** Any number of #10-32 plug screws may be removed from the Falcon 500.
- I.** Insulation may be applied to electrical terminals.

The intent of this rule is to allow teams to modify mounting tabs and the like, not to gain a weight reduction by potentially compromising the structural integrity of any motor.

R29. With the exception of servos, fans, or motors integral to sensors of COTS computing devices permitted in R27, each actuator must be controlled by a power regulating device. The only power regulating devices for actuators permitted on the ROBOT include:

- A.** Motor Controllers
 - i. DMC 60/DMC 60c Motor Controller (P/N: 410-334-1, 410-334-2)
 - ii. Jaguar Motor Controller (P/N: MDL-BDC, MDL-BDC24, and 217-3367) connected to PWM only
 - iii. Nidec Dynamo BLDC Motor with Controller to control integral actuator only (P/N 840205-000, am-3740)
 - iv. SD540 Motor Controller (P/N: SD540x1, SD540x2, SD540x4, SD540Bx1, SD540Bx2, SD540Bx4, SD540C)
 - v. Spark Motor Controller (P/N: REV-11-1200)
 - vi. Spark MAX Motor Controller (P/N: REV-11-2158)
 - vii. Talon FX Motor Controller (P/N: 217-6515, 19-708850, am-6515, am-6515_Short) for controlling integral Falcon 500 only
 - viii. Talon Motor Controller (P/N: CTRE_Talon, CTRE_Talon_SR, and am-2195)
 - ix. Talon SRX Motor Controller (P/N: 217-8080, am-2854, 14-838288)
 - x. Venom Motor with Controller (P/N: BDC-10001) for controlling integral motor only

- xi. Victor 884 Motor Controller (P/N: VICTOR-884-12/12)
- xii. Victor 888 Motor Controller (P/N: 217-2769)
- xiii. Victor SP Motor Controller (P/N: 217-9090, am-2855, 14-868380)
- xiv. Victor SPX Motor Controller (P/N: 217-9191, 17-868388, am-3748)

B. Relay Modules

- i. Spike H-Bridge Relay (P/N: 217-0220 and SPIKE-RELAY-H)
- ii. Automation Direct Relay (P/N: AD-SSR6M12-DC-200D, AD-SSRM6M25-DC-200D, AD-SSR6M40-DC-200D)

C. Pneumatics controllers

- i. Pneumatics Control Module (P/N: am-2858, 217-4243)

Note: The Automation Direct Relays are single directional. Per R30 they may not be wired together in an attempt to provide bi-directional control.

R30. Each power regulating device may control electrical loads per Table 9-2. Unless otherwise noted, each power regulating device shall control one and only one electrical load.

Table 9-2 Power regulating device allotments

Electrical Load	Motor Controller	Relay Module	Pneumatics Controller
AndyMark RedLine Motor Banebots CIM REV Robotics NEO Brushless REV Robotics NEO 550 VEX Mini-CIM WCP RS775 Pro	Yes	No	No
AndyMark 9015 VEXpro BAG	Yes (up to 2 per controller)	No	No
AndyMark PG KOP Automotive Motors NeverRest Snow Blower Motor	Yes (up to 2 per controller)	Yes	No
CTR Electronics/VEX Falcon 500 Nidec Dynamo BLDC Motor w/ Controller Playing With Fusion Venom	Yes (integrated controller only)	No	No
Compressor	No	Yes	Yes
Pneumatic Solenoid Valves	No	Yes ¹	Yes (1 per channel)
Electric Solenoids	Yes ¹	Yes ¹	Yes (1 per channel)
CUSTOM CIRCUITS²	Yes ¹	Yes ¹	Yes (1 per channel)

¹ Multiple low-load, pneumatic solenoid valves (relay only), electric solenoids or CUSTOM CIRCUITS may be connected to a single relay module or motor controller. This would allow one (1) relay module or motor controller to drive multiple pneumatic actions or multiple CUSTOM CIRCUITS. No other electrical load can be connected to a relay module used in this manner.

² A CUSTOM CIRCUIT is any electrical COMPONENT of the ROBOT other than motors, pneumatic solenoids, roboRIO, PDP, PCM, VRM, RSL, 120A breaker, motor controllers, relay modules (per R29-B), wireless bridge, electrical solenoid actuators, or batteries.

R31. Servos must be connected to, and only to, one of the following:

- A. PWM PORTS on the roboRIO
- B. PWM PORTS on a WCP Spartan Sensor Board (P/N: WCP-0045)
- C. REV Robotics Servo Power Module (P/N: REV-11-1144)

9.7 Power Distribution

In order to maintain safety, the rules in this section apply at all times while at the event, not just while the ROBOT is on the FIELD for MATCHES.

R32. The only legal source of electrical energy for the ROBOT during the competition, the ROBOT battery, must be one and only one non-spillable sealed lead acid (SLA) battery with the following specifications:

- A. Nominal voltage: 12V
- B. Nominal capacity at 20-hour discharge rate: minimum 17Ah, maximum 18.2Ah
- C. Shape: Rectangular
- D. Nominal Dimensions: 7.1 in. x 3 in. x 6.6 in., +/- .1 in. for each dimension (~ 180 mm x 76mm x 168 mm, +/- 2.5 mm for each dimension)
- E. Nominal weight: 11lbs. to 14.5 lbs. (~5 kg. to 6.5 kg.)
- F. Terminals: Nut and bolt style

Examples of batteries which meet these criteria include:

- a. Energys (P/N: NP18-12, NP18-12B, NP18-12BFR)
- b. MK Battery (P/N: ES17-12)
- c. Battery Mart (P/N: SLA-12V18)
- d. Sigma (P/N: SP12-18)
- e. Universal Battery (P/N: UB12180)
- f. Power Patrol (P/N: SLA1116)
- g. Werker Battery (P/N: WKA12-18NB)
- h. Power Sonic (P/N: PS-12180NB)
- i. Yuasa (P/N: NP18-12B)
- j. Panasonic (P/N: LC-RD-1217)
- k. Interstate Batteries (P/N: BSL1116)
- l. Duracell Ultra Battery (P/N: DURA12-18NB)

Teams should be aware that they may be asked to provide documentation of the specifications of any battery not listed above.

Batteries should be charged in accordance with manufacturer's specification. (Please see the [FIRST Safety Manual](#) for additional information.)

R33. COTS USB battery packs with a capacity of 100Wh or less (20000mAh at 5V) and 2.5 Amp max output per port, or batteries integral to and part of a COTS computing device or self-contained

camera (e.g. laptop batteries, GoPro style camera, etc.) may be used to power COTS computing devices and any peripheral COTS input or output devices connected to the COTS computing device provided they are:

- A. securely fastened to the ROBOT,
- B. connected only using unmodified COTS cables, and
- C. charged according to manufacturer recommendations.

R34. Any battery charger used to charge a ROBOT battery must have the corresponding Anderson SB connector installed.

R35. Any battery charger used to charge a ROBOT battery may not be used such that it exceeds 6-Amp peak charge current.

R36. No batteries other than those allowed per R32 and R33 are allowed on the ROBOT, whether or not they are being used to supply power.

For example, teams may not use additional batteries as extra weight on their ROBOTS.

R37. The ROBOT battery must be secured such that it will not dislodge during vigorous ROBOT interaction including if the ROBOT is turned over or placed in any arbitrary orientation.

R38. Each electrical terminal on the ROBOT battery, main breaker, and their connections (lugs, stripped wire ends, etc.) to the wire must be fully insulated at all times.

R39. Non-electrical sources of energy used by the ROBOT, (i.e., stored at the start of a MATCH), shall come only from the following sources:

- A. compressed air stored in the pneumatic system that has been charged in compliance with R79 and R80,
- B. a change in the altitude of the ROBOT center of gravity,
- C. storage achieved by deformation of ROBOT parts,
- D. closed-loop COTS pneumatic (gas) shocks, and
- E. air-filled (pneumatic) wheels.

- R40.** The one (1) ROBOT battery, a single pair of Anderson Power Products (or APP) 2-pole SB type connectors, the one (1) main 120-amp (120A) surface mount circuit breaker (Cooper Bussman P/N: CB185-120, CB185F-120, CB285-120), and the one (1) CTR Electronics Power Distribution Panel (PDP, P/N: am-2856, 217-4244, 14-806880) shall be connected with 6 AWG (7 SWG or 16 mm²) copper wire or larger, with no additional devices or modifications, as shown in Figure 9-10.

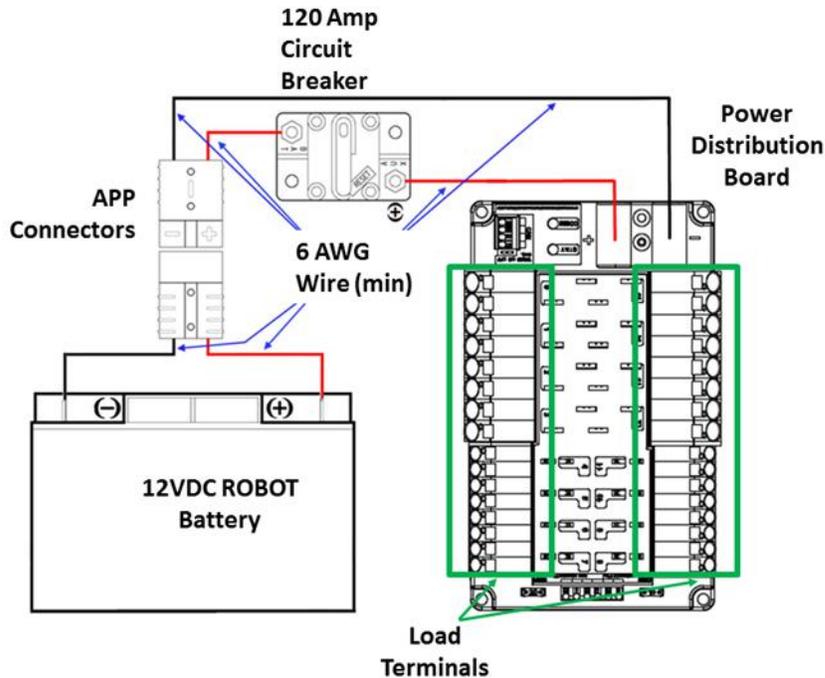


Figure 9-10 Electrical connection diagram

“SB type” refers to SB type only (e.g. SB-50, SB-120, etc.), not SBS or any other part type beginning with SB. All batteries supplied by *FIRST* (such as Spare Parts and international batteries) will have a Red or Pink SB50 connector installed which may not be removed.

The pink connectors included in the 2020 KOP mate with the Red SB50 connector.

- R41.** All circuits, with the exceptions of those listed in R46 and R48, must connect to, and have power sourced solely by, a single protected 12VDC WAGO connector pair (i.e. the Load Terminals, as shown in Figure 9-10) of the one (1) CTR Electronics Power Distribution Panel, not the M6 cap screws.
- R42.** All wiring and electrical devices, including all Control System COMPONENTS, shall be electrically isolated from the ROBOT frame. The ROBOT frame must not be used to carry electrical current.

R42 is checked by observing a >3kΩ resistance between either the (+) or (-) post within the APP connector that is attached to the PDP and any point on the ROBOT.

All legal motor controllers with metal cases are electrically isolated. They may be mounted directly to ROBOT frame COMPONENTS.

Note that some cameras, decorative lights and sensors (e.g. some encoders, some IR sensors, etc.) have grounded enclosures or are manufactured with conductive plastics. These devices must be electrically isolated from the ROBOT frame to ensure compliance with R42.

- R43.** The 120A circuit breaker must be quickly and safely accessible from the exterior of the ROBOT. This is the only 120A circuit breaker allowed on the ROBOT.

Examples considered not “quickly and safely accessible” include breakers covered by an access panel or door, or mounted on, underneath or immediately adjacent to moving COMPONENTS.

It is strongly recommended that the 120A circuit breaker location be clearly and obviously labeled so it can be easily found by FIELD STAFF during a MATCH.

- R44.** The PDP, associated wiring, and all circuit breakers must be visible for Inspection.
- R45.** Any active electrical item that is not an actuator (specified in R27) or core Control System item (specified in R66) is considered a CUSTOM CIRCUIT. CUSTOM CIRCUITS shall not produce voltages exceeding 24V.
- R46.** The roboRIO power input must be connected to the dedicated supply terminals on the PDP shown in Figure 9-11. No other electrical load shall be connected to these terminals.

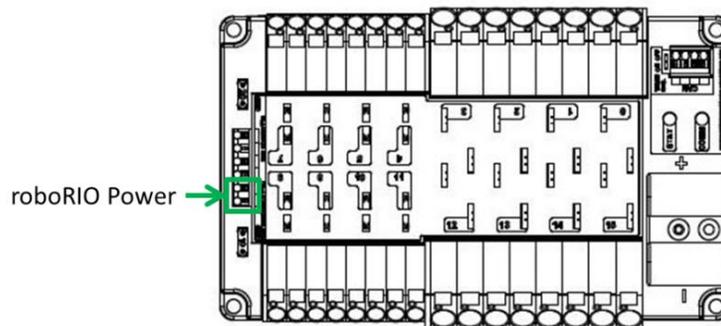


Figure 9-11 roboRIO power source

- R47.** The Wireless Bridge (Radio) power must be supplied directly by the 12V 2A output of a CTR Electronics Voltage Regulator Module (VRM) (P/N: am-2857, 217-4245) and must be the only load connected to those terminals.

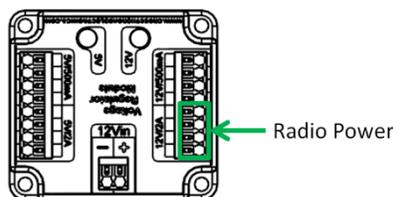


Figure 9-12 Radio power source

Note that this wiring is different from the wiring for the radio used in 2015, but is identical to the wiring from 2016-2020. When using a 2015 VRM with the OM5P-AN or OM5P-AC

radio, the radio should be connected as described above, not to the terminals labeled “Radio”.

Note that this prohibits using any active POE Injector device to power the radio but does not prohibit using any PASSIVE CONDUCTORS to inject the VRM power into an Ethernet cable plugged into the radio port labeled “18-24v POE”.

- R48.** The VRM supplying power to the Wireless Bridge per R47 must be connected to the designated supply terminals at the end of the PDP, and not the main WAGO connectors along the sides of the PDP as shown in Figure 9-13. With the exception of a single CTR Electronics Pneumatics Control Module (PCM, P/N: am-2858), no other electrical load shall be connected to these PDP terminals.

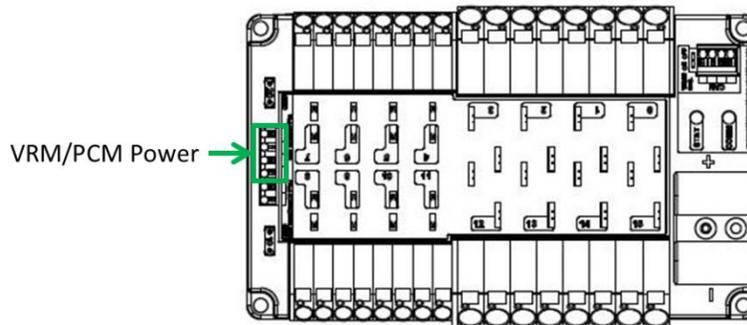


Figure 9-13 VRM and PCM power source

Please reference [How to Wire an FRC Robot](#) for Wireless Bridge wiring information.

- R49.** Only one wire shall be connected to each WAGO connector on the PDP.

If multi-point distribution of circuit power is needed (e.g. to provide power to multiple PCMs and/or VRMs from one 20A circuit), then all incoming wires may be appropriately spliced into the main lead (e.g. using an insulated terminal block, crimped splice or soldered wire splice), and the single main lead inserted into the WAGO connector to power the circuit.

- R50.** The only circuit breakers permitted for use in the PDP are:

- A. Snap Action VB3-A Series, terminal style F57
- B. Snap Action MX5-A or MX5-L Series, 40A rating or lower

- R51.** The fuses in the PDP shall only be replaced with functionally identical fuses (mini automotive blade fuses with values matching those printed on the PDP).

Note that these fuses must be pressed very firmly to seat properly. Improper seating can cause component reboots during impacts.

- R52.** Each branch circuit must be protected by one and only one circuit breaker on the PDP per Table 9-3. No other electrical load can be connected to the breaker supplying this circuit.

Table 9-3 Branch circuit protection requirements

Branch Circuit	Circuit Breaker Value	Quantity Allowed Per Breaker
Motor Controller	Up to 40A	1
CUSTOM CIRCUIT	Up to 40A	1
Automation Direct Relay 40A (*6M40*)	Up to 40A	1
Fans permitted per Table 9-1 and not already part of COTS computing devices	Up to 20A	No limit
Spike Relay Module	Up to 20A	1
Automation Direct Relay 25A (*6M25*)	Up to 20A	1
PCM – with compressor	20A	1
Additional VRM (non-radio)/Additional PCM (non-compressor)	20A	3 total
Automation Direct Relay 12A (*6M12*)	Up to 10A	1

R52 does not prohibit the use of smaller value breakers in the PDP or any fuses or breakers within CUSTOM CIRCUITS for additional protection.

- R53.** All circuits shall be wired with appropriately sized insulated copper wire (SIGNAL LEVEL cables don't have to be copper):

Table 9-4 Breaker and wire sizing

Application	Minimum Wire Size
31 – 40A protected circuit	12 AWG (13 SWG or 4 mm ²)
21 – 30A protected circuit	14 AWG (16 SWG or 2.5 mm ²)
6 – 20A protected circuit	18 AWG (19 SWG or 1 mm ²)
Between the PDP dedicated terminals and the VRM or PCM	18 AWG (19 SWG or 1 mm ²)
Compressor outputs from the PCM	
Between the PDP and the roboRIO	22 AWG (22 SWG or 0.5 mm ²)
≤5A protected circuit	24 AWG (24 SWG or .25mm ²)
VRM 2A circuits	26 AWG (27 SWG or 0.14 mm ²)
roboRIO PWM port outputs	28 AWG (29 SWG or .08 mm ²)
SIGNAL LEVEL circuits (i.e. circuits which draw ≤1A continuous and have a source incapable of delivering >1A, including but not limited to roboRIO non-PWM outputs, CAN signals, PCM Solenoid outputs, VRM 500mA outputs and Arduino outputs)	28 AWG (29 SWG or .08 mm ²)

Wires that are recommended by the device manufacturer or originally attached to legal devices are considered part of the device and by default legal. Such wires are exempt from R53.

In order to show compliance with these rules, teams should use wire with clearly labeled sizes if possible. If unlabeled wiring is used, teams should be prepared to demonstrate that the wire used meets the requirements of R53 (e.g. wire samples and evidence that they are the required size).

- R54.** Branch circuits may include intermediate elements such as COTS connectors, splices, COTS flexible/rolling/sliding contacts, and COTS slip rings, as long as the entire electrical pathway is via appropriately gauged/rated elements.

Slip rings containing mercury are prohibited per R8.

- R55.** All non-SIGNAL LEVEL wiring with a constant polarity (i.e., except for outputs of relay modules, motor controllers, or sensors) shall be color-coded along their entire length from the manufacturer as follows:

- A.** Red, yellow, white, brown, or black-with-stripe on the positive (e.g. +24VDC, +12VDC, +5VDC, etc.) connections.
- B.** Black or blue for the common or negative side (-) of the connections.

Exceptions to this rule include:

- C.** Wires that are originally attached to legal devices and any extensions to these wires using the same color as the manufacturer.
- D.** Ethernet cable used in POE cables.

- R56.** CUSTOM CIRCUITS shall not directly alter the power pathways between the ROBOT battery, PDP, motor controllers, relays (per R29-B), motors and actuators (per R27), pneumatic solenoid valves, or other elements of the ROBOT control system (items explicitly mentioned in R66). Custom high impedance voltage monitoring or low impedance current monitoring circuitry connected to the ROBOT'S electrical system is acceptable, if the effect on the ROBOT outputs is inconsequential.

A noise filter may be wired across motor leads or PWM leads. Such filters will not be considered CUSTOM CIRCUITS and will not be considered a violation of R56 or R73.

Acceptable signal filters must be fully insulated and must be one of the following:

- A one microfarad (1 μ F) or less, non-polarized, capacitor may be applied across the power leads of any motor on your ROBOT (as close to the actual motor leads as reasonably possible).
- A resistor may be used as a shunt load for the PWM control signal feeding a servo.

9.8 Control, Command & Signals System

- R57.** ROBOTS must be controlled via one (1) programmable National Instruments roboRIO (P/N: am3000), with image version FRC_roboRIO_2020_v10 or later.

There are no rules that prohibit co-processors, provided commands originate from the roboRIO to enable and disable all power regulating devices. This includes motor controllers legally wired to the CAN-bus.

- R58.** One (1) OpenMesh Wireless Bridge (P/N: OM5P-AN or OM5P-AC), that has been configured with the appropriate encryption key for your team number at each event, is the only permitted device for communicating to and from the ROBOT during the MATCH.
- R59.** The roboRIO Ethernet PORT must be connected to the Wireless Bridge PORT labeled “18-24 vPOE,” closest to the power connector (either directly, via a network switch, or via a CAT5 Ethernet pigtail).

Note: Placing a switch between the roboRIO and radio may impede the ability for FIELD STAFF to troubleshoot roboRIO connection issues on the FIELD. Teams may be asked to try directly connecting from the radio to roboRIO as part of troubleshooting efforts.

- R60.** Communication between the ROBOT and the OPERATOR CONSOLE is restricted as follows:

A. Network ports:

- i. HTTP 80: Camera connected via switch on the ROBOT, bi-directional
- ii. HTTP 443: Camera connected via switch on the ROBOT, bi-directional
- iii. UDP/TCP 554: Real-Time Streaming Protocol for h.264 camera streaming, bi-directional
- iv. UDP 1130: Dashboard-to-ROBOT control data, uni-directional
- v. UDP 1140: ROBOT-to-Dashboard status data, uni-directional
- vi. UDP/TCP 1180-1190: Camera data from the roboRIO to the Driver Station when the camera is connected the roboRIO via USB, bi-directional
- vii. TCP/UDP 1250: CTRE Diagnostics Server, bi-directional
- viii. TCP 1735: SmartDashboard, bi-directional
- ix. UDP/TCP 5800-5810: Team Use, bi-directional

Teams may use these ports as they wish if they do not employ them as outlined above (i.e. TCP 1180 can be used to pass data back and forth between the ROBOT and the DS if the team chooses not to use the camera on USB).

B. Bandwidth: no more than 4 Mbits/second.

Note that the 4 Mbit limit will be strictly enforced by the Wireless Bridge.

The [FMS Whitepaper](#) has more details on how to check and optimize bandwidth usage.

While *FIRST* makes every effort to provide a wireless environment that allows teams access to a full 4 Mbits/second data rate (with about 100 Kbit used for ROBOT control and status), at some events wireless conditions may not accommodate this.

- R61.** The roboRIO, Driver Station software, and Wireless Bridge must be configured to correspond to the correct team number, per the procedures defined in [Getting Started with the 2021 Control System](#).
- R62.** All signals must originate from the OPERATOR CONSOLE and be transmitted to the ROBOT via the ARENA Ethernet network.

- R63.** No form of wireless communication shall be used to communicate to, from, or within the ROBOT, except those required per R58, R62, and tags used for location detection systems if provided by the event.

Devices that employ signals in the visual spectrum (e.g. cameras) and non-RF sensors that don't receive human-originated commands (e.g. "beam break" sensors or IR sensors on the ROBOT used to detect FIELD elements) are not wireless communication devices and thus R63 doesn't apply.

- R64.** The Wireless Bridge must be mounted on the ROBOT such that the diagnostic lights are visible to ARENA personnel.

Teams are encouraged to mount the wireless bridge away from noise generating devices such as motors, PCM(s), and VRM(s).

- R65.** ROBOTS must use at least one (1), but no more than two (2), diagnostic ROBOT Signal Lights (RSL) (P/N: 855PB-B12ME522).

Any RSL must be:

- A.** mounted on the ROBOT such that it is easily visible while standing 3 ft. (~ 100 cm) in front of the ROBOT,
- B.** connected to the "RSL" supply terminals on the roboRIO, and
- C.** wired for solid light operation, by placing a jumper between the "La" and "Lb" terminals on the light per Figure 9-14.

Please see [How to Wire an FRC Robot](#) for connection details.

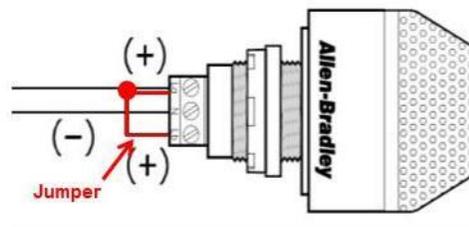


Figure 9-14 RSL jumper wiring

- R66.** The Driver Station software, roboRIO, Power Distribution Panel, Pneumatics Control Modules, Voltage Regulator Modules, RSL, 120A breaker, motor controllers, relay modules (per R29-B), Wireless Bridge, and batteries shall not be tampered with, modified, or adjusted in any way (tampering includes drilling, cutting, machining, rewiring, disassembling, painting, etc.), with the following exceptions:

Please note that the Driver Station application is a separate application from the Dashboard. The Driver Station software may not be modified, while teams are expected to customize their Dashboard code.

- A.** User programmable code in the roboRIO may be customized.
- B.** Motor controllers may be calibrated as described in owner's manuals.
- C.** Fans may be attached to motor controllers and may be powered from the power input terminals.

- D. If powering the compressor, the fuse on a Spike H-Bridge Relay may be replaced with a VB3A-20A Snap-Action circuit breaker.
- E. Wires, cables, and signal lines may be connected via the standard connection points provided on the devices.
- F. Fasteners (including adhesives) may be used to attach the device to the OPERATOR CONSOLE or ROBOT or to secure cables to the device.
- G. Thermal interface material may be used to improve heat conduction.
- H. Labeling may be applied to indicate device purpose, connectivity, functional performance, etc.
- I. Jumpers may be changed from their default location.
- J. Limit switch jumpers may be removed from a Jaguar motor controller and a custom limit switch circuit may be substituted.
- K. Device firmware may be updated with manufacturer supplied firmware.
- L. Integral wires on motor controllers may be cut, stripped, and/or connectorized.
- M. Devices may be repaired, provided the performance and specifications of the device after the repair are identical to those before the repair.
- N. The cover may be removed from the Talon SRX data port.
- O. Electrical tape may be applied to the aluminum plate inside the Wireless Bridge.
- P. The input terminal cover from the Power Distribution Panel may be omitted (no other element may be installed using the threaded holes to install something in place of the PDP terminal cover).

Please note that while repairs are permitted, the allowance is independent of any manufacturer's warranty. Teams make repairs at their own risk and should assume that any warranty or RMA options are forfeited. Be aware that diagnosing and repairing COMPONENTS such as these can be difficult.

For more information about modification O, please see [this article](#).

- R67.** Neither 12VDC power nor relay module or motor controller outputs shall be directly connected to the roboRIO (with the exception of the designated 12VDC input).
- R68.** Every relay module (per R29-B), servo controller, and PWM motor controller shall be connected to a corresponding port (relays to Relay ports, servo controllers and PWM controllers to PWM ports) on the roboRIO (either directly or through a WCP Spartan Sensor Board) or via a legal MXP connection (per R69). They shall not be controlled by signals from any other source, with the exception of the Nidec Dynamo motor controller which must also be connected to the roboRIO Digital I/O.
- R69.** If a motor is controlled via the MXP, its power regulating device must be connected by one of the following methods:
- A. directly to any PWM pins,
 - B. via a network of PASSIVE CONDUCTORS used to extend the PWM pins, or
 - C. via one approved ACTIVE DEVICE:
 - i. Kauai Labs navX MXP
 - ii. RCAL MXP Daughterboard
 - iii. REV Robotics RIOduino
 - iv. REV Robotics Digit Board
 - v. West Coast Products Spartan Sensor Board
 - vi. Huskie Robotics HUSKIE 2.0 Board

A PASSIVE CONDUCTOR is any device or circuit whose capability is limited to the conduction and/or static regulation of the electrical energy applied to it (e.g. wire, splices, connectors, printed wiring board, etc.).

An “ACTIVE DEVICE” is any device capable of dynamically controlling and/or converting a source of electrical energy by the application of external electrical stimulus.

The “network of PASSIVE CONDUCTORS” only applies to the pins being used for PWM output to motors or servos. This means that connecting an ACTIVE DEVICE, such as a sensor to one MXP pin does not prevent other MXP pins from being used in accordance with R69-B.

- R70.** Each CAN motor controller must be controlled with signal inputs sourced from the roboRIO and passed via either a PWM (wired per R68) or CAN-bus (either directly or daisy-chained via another CAN-bus device) signal, but both shall not be wired simultaneously on the same device.

As long as the CAN bus is wired legally so that the heartbeat from the roboRIO is maintained, all closed loop control features of the CAN motor controller may be used. (That is, commands originating from the roboRIO to configure, enable, and specify an operating point for all CAN motor controller closed loop modes fit the intent of R57).

- R71.** Each PCM must be controlled with signal inputs sourced from the roboRIO and passed via a CAN-bus connection from the roboRIO (either directly or daisy-chained via another CAN-bus device).
- R72.** The PDP CAN interface must be connected to the CAN-bus on the roboRIO (either directly or daisy-chained via another CAN-bus device).

For documentation on how to wire the CAN-bus connections of the PDP see [How to Wire an FRC Robot](#).

- R73.** The CAN-bus must be connected to the roboRIO CAN port.
- A.** Additional switches, sensor modules, CUSTOM CIRCUITS, third-party modules, etc. may also be placed on the CAN-bus.
 - B.** No device that interferes with, alters, or blocks communications among the roboRIO and the PDP, PCMs, and/or CAN Motor Controllers on the bus will be permitted.

Only one wire should be inserted into each Weidmuller CAN connector terminal. For documentation on how to wire the CAN-bus connections of the roboRIO, PCM, PDP and CAN motor controllers, see [How to Wire an FRC Robot](#).

9.9 Pneumatic System

In order to maintain safety, the rules in this section apply at all times while at the event, not just while the ROBOT is on the FIELD for MATCHES.

- R74.** To satisfy multiple constraints associated with safety, consistency, Inspection, and constructive innovation, no pneumatic parts other than those explicitly permitted in [this](#) section shall be used on the ROBOT.
- R75.** All pneumatic items must be COTS pneumatic devices and either:
- A.** rated by their manufacturers for pressure of at least 125psi (~862 kPa), or

- B. installed downstream of the primary relieving regulator (see R82), and rated for pressure of at least 70psi (~483 kPa).

Any pressure specification such as “working,” “operating,” “maximum,” etc. may be used to satisfy the requirements of R75.

It is recommended that all pneumatic items be rated by their manufacturers for a working pressure of at least 60 psi (~414 kPa).

- R76.** All pneumatic COMPONENTS must be used in their original, unaltered condition. Exceptions are as follows:

- A. tubing may be cut,
- B. wiring for pneumatic devices may be modified to interface with the control system,
- C. assembling and connecting pneumatic COMPONENTS using the pre-existing threads, mounting brackets, quick-connect fittings, etc.,
- D. removing the mounting pin from a pneumatic cylinder, provided the cylinder itself is not modified,
- E. labeling applied to indicate device purpose, connectivity, functional performance, etc.

Do not, for example, paint, file, machine, or abrasively remove any part of a pneumatic COMPONENT – this would cause the part to become a prohibited item. Consider pneumatic COMPONENTS sacred.

- R77.** The only pneumatic system items permitted on ROBOTS include the items listed below.

- A. Pneumatic pressure vent plug valves functionally equivalent to those provided in the KOP,

Examples of acceptable valves include Parker PV609-2 or MV709-2.

- B. Pressure relief valves functionally equivalent to those provided in the KOP,

Examples of acceptable valves include Norgren 16-004-011, 16-004-003 or McMaster-Carr 48435K714.

To be considered functionally equivalent the valve must be preset or adjustable to 125 psi (~862 kPa) and capable of relieving at least 1 scfm (~472 cm³/s).

- C. Solenoid valves with a maximum 1/8 in. (nominal, ~3 mm) NPT, BSPP, or BSPT port diameter or integrated quick connect 1/4 in. (nominal, ~6mm) outside diameter tubing connection,
- D. Additional pneumatic tubing, with a maximum 1/4 in. (nominal, ~6 mm) outside diameter,
- E. Pressure transducers, pressure gauges, passive flow control valves (specifically “needle valve”), manifolds, and connecting fittings (including COTS pneumatic U-tubes),
- F. Check and quick exhaust valves, provided that the requirements of R86-A are still met,
- G. Shutoff valves which relieve downstream pressure to atmosphere when closed (may also be known as 3-way or 3-way exhausting valves),
- H. Pressure regulators with the maximum outlet pressure adjusted to no more than 60 psi (~413 kPa),
- I. Pneumatic cylinders, pneumatic linear actuators, and rotary actuators,
- J. Pneumatic storage tanks (with the exception of White Clippard tanks P/N: AVT-PP-41),
- K. One (1) compressor that is compliant with R79,
- L. Debris or coalescing (water) filters, and

- M. Venturi valves (note: the high-pressure side of a Venturi valve is considered a pneumatic device and must follow all pneumatic rules. The vacuum side of a Venturi valve is exempt from the pneumatic rules per “a” in the Blue Box below).

The following devices are not considered pneumatic devices and are not subject to pneumatic rules (though they must satisfy all other rules):

- a. a device that creates a vacuum
- b. closed-loop COTS pneumatic (gas) shocks
- c. air-filled (pneumatic) wheels
- d. pneumatic devices not used as part of a pneumatic system (i.e. used in a way that does not allow them to contain pressurized air)

R78. If pneumatic COMPONENTS are used, the following items are required as part of the pneumatic circuit and must be used in accordance with this section, as illustrated in Figure 9-15.

- A. One (1) *FIRST* Robotics Competition legal compressor (per R79)
- B. Pressure relief valve (per R77-B) connected via legal rigid fittings (e.g. brass, nylon, etc.)
- C. Nason pressure switch, P/N SM-2B-115R/443
- D. At least one pressure vent plug
- E. Stored pressure gauge (upstream from Primary Regulator, must show psi or kPa)
- F. Working pressure gauge (downstream from Primary Regulator, must show psi or kPa)
- G. Working pressure regulator

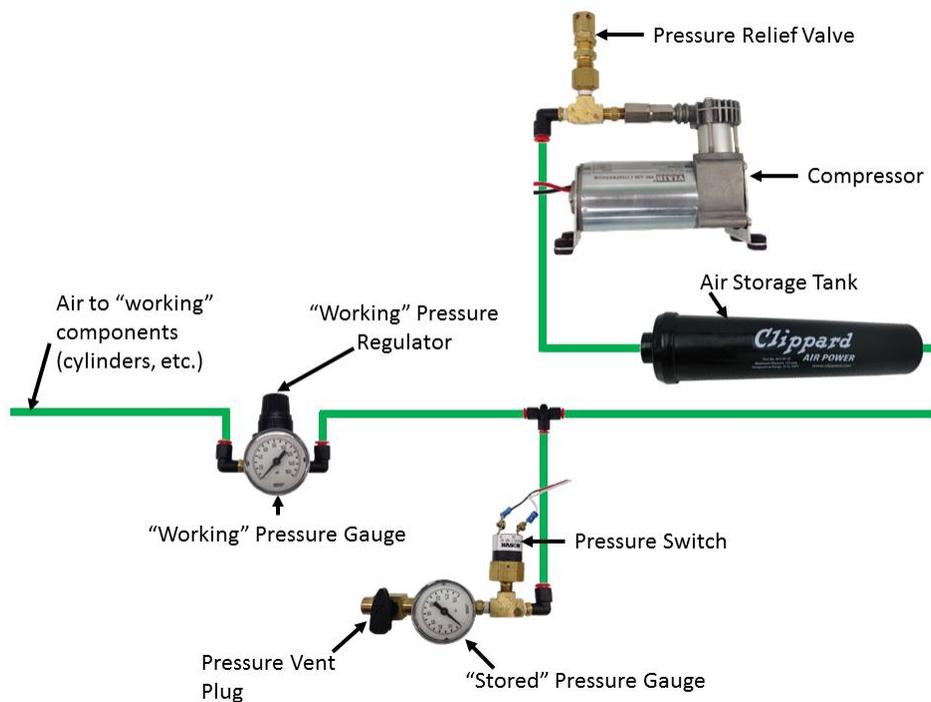


Figure 9-15 Pneumatic circuitry

- R79.** Throughout an event, compressed air on the ROBOT must be provided by its one onboard compressor only. Compressor specifications must not exceed nominal 1.1 cfm (~519 cm³/s) flow rate @ 12VDC at any pressure.

A ROBOT'S compressor may be substituted by another compressor, but a ROBOT may only have one designated compressor at a time, and all compressed air on the ROBOT must be sourced from a single compressor.

Note: Vair C-series compressors, which have a max working pressure of 120 PSI, are rated for intermittent pressures greater than 125 PSI and therefore meet the requirements of R75.

- R80.** Stored air pressure on the ROBOT must be no greater than 120 psi (~827 kPa). No stored air pressure intended for the ROBOT may be located off-board the ROBOT.

- R81.** Working air pressure (air pressure used to actuate devices) on the ROBOT must be no greater than 60 psi (~413 kPa) and must be provided through a single primary adjustable, relieving, pressure regulator.

Examples of acceptable valves include: Norgren regulator P/N: R07-100-RNEA or Monnier P/N: 101-3002-1.

- R82.** Only the compressor, relief valve, pressure switch, pressure vent plug, pressure gauge, storage tanks, tubing, pressure transducers, filters, and connecting fittings may be in the high-pressure pneumatic circuit upstream from the regulator.

It is recommended that all COMPONENTS in the high-pressure pneumatic circuit upstream from the regulator be rated for at least 115 psi (~793 kPa) working pressure.

- R83.** Pressure gauges must be placed in easily visible locations upstream and downstream of the regulator to display the stored and working pressures.

- R84.** The relief valve must be attached directly to the compressor or attached by legal hard fittings (e.g. brass, nylon, etc.) connected to the compressor output port.

Teams are required to check and/or adjust the relief valve to release air at 125 psi (~861 kPa). The valve may or may not have been calibrated prior to being supplied to teams.

Instructions for adjusting the pressure relief valve can be found in the [Pneumatics Manual](#).

- R85.** The pressure switch requirements are:

- A.** It must be Nason P/N: SM-2B-115R/443.
- B.** It must be connected to the high-pressure side of the pneumatic circuit (i.e. prior to the pressure regulator) to sense the stored pressure of the circuit.
- C.** The two wires from the pressure switch must be connected directly to the pressure switch input of the PCM controlling the compressor or, if controlled using the roboRIO and a relay, to the roboRIO.
- D.** If connected to the roboRIO, the roboRIO must be programmed to sense the state of the switch and operate the relay module that powers the compressor to prevent over-pressuring the system.

- R86.** Any pressure vent plug must be:
- A.** connected to the pneumatic circuit such that, when manually operated, it will vent to the atmosphere to relieve all stored pressure in a reasonable amount of time, and
 - B.** placed on the ROBOT so that it is visible and easily accessible.

- R87.** The outputs from multiple solenoid valves must not be plumbed together.

9.10 OPERATOR CONSOLE

- R88.** The Driver Station software provided by [National Instruments \(install instructions found here\)](#) is the only application permitted to specify and communicate the operating mode (i.e. Autonomous/Teleoperated) and operating state (Enable/Disable) to the ROBOT. The Driver Station software must be revision 21.0 or newer.

Teams are permitted to use a portable computing device of their choice (laptop computer, tablet, etc.) to host the Driver Station software while participating in competition MATCHES.

- R89.** The OPERATOR CONSOLE, the set of COMPONENTS and MECHANISMS used by the DRIVERS and/or HUMAN PLAYER to relay commands to the ROBOT, must include a graphic display to present the Driver Station diagnostic information. It must be positioned within the OPERATOR CONSOLE so that the screen display can be clearly seen during Inspection and in a MATCH.

- R90.** Devices hosting the Driver Station software must only interface with the Field Management System (FMS) via the Ethernet cable provided at the PLAYER STATION (e.g. not through a switch). Teams may connect the FMS Ethernet cable to their Driver Station device directly via an Ethernet pigtail, or with a single-port Ethernet converter (e.g. docking station, USB-Ethernet converter, Thunderbolt-Ethernet converter, etc.). The Ethernet port on the OPERATOR CONSOLE must be easily and quickly accessible.

Teams are strongly encouraged to use pigtails on the Ethernet port used to connect to the FMS. Such pigtails will reduce wear and tear on the device's port and, with proper strain relief employed, will protect the port from accidental damage.

- R91.** The OPERATOR CONSOLE must not
- A.** be longer than 60 in. (~152 cm)
 - B.** be deeper than 14 in. (~35 cm) (excluding any items that are held or worn by the DRIVERS during the MATCH)
 - C.** extend more than 6 ft. 6 in. (~198 cm) above the floor
 - D.** attach to the FIELD (except as permitted by G26)

There is a 54 in. (~137 cm) long by 2 in. (nominal) wide strip of hook-and-loop tape ("loop" side) along the center of the PLAYER STATION support shelf that should be used to secure the OPERATOR CONSOLE to the shelf, per G26. See [PLAYER STATION](#) for details.

Please note that while there is no hard weight limit, OPERATOR CONSOLES that weigh more than 30 lbs. (~13 kg.) will invite extra scrutiny as they are likely to present unsafe circumstances.

- R92.** Other than the system provided by the FIELD, no other form of wireless communications shall be used to communicate to, from, or within the OPERATOR CONSOLE.

Examples of prohibited wireless systems include, but are not limited to, active wireless network cards and Bluetooth devices. For the case of the *FIRST* Robotics Competition, a motion sensing input device (e.g. Microsoft Kinect) is not considered wireless communication and is allowed.

- R93.** OPERATOR CONSOLES shall not be made using hazardous materials, be unsafe, cause an unsafe condition, or interfere with other DRIVE TEAMS or the operation of other ROBOTS.

