

IDEAÇÃO

projeto open pipetting bot

Marcelo Lairos
Otto Heringer
Ciro Costa
Rafael Sanchez
Guilherme Cayres

OBJETIVOS

focos da ideação

Nosso grupo enfrentou problemas com o foco do projeto desde o início. Com a falta de um cliente e um foco exclusivo no usuário, não havia possibilidade de aplicar a metodologia do Design Thinking como o proposto pela disciplina. Contudo conseguimos encontrar uma empresa que compartilhasse os objetivos do grupo: o desenvolvimento e construção de um robô pipetador open-source.

Escolhemos juntos com um dos fundadores da startup OpenTrons três focos principais para trabalho:

1. Modularização do funcionamento do robô (ex: troca automática de pipetas de diferentes volumes e/ou manipuladores de materiais - garras, ventosas);
2. Rapidez de operação do robô;
3. Interface amigável.

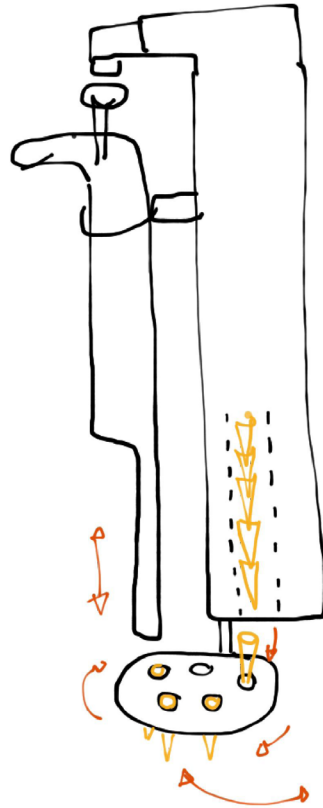
O processo de ideação do grupo - apesar de formalizado e intensificado nessa última fase dos projetos - foi desenvolvido ao longo das aulas, desde o início da disciplina. Um infográfico que agrupa o brainstorming do grupo com a análise das necessidades do usuário sumariza as ideias esboçadas nesse documento está esboçado na página seguinte - um “esboço”, pois observamos que a definição dele é bem dinâmica conforme avançamos no projeto com feedbacks dos monitores da disciplina, nosso cliente (OpenTrons) e nossos usuários.

Apesar de escolhermos focar principalmente nos “desafios” 1 e 2, não vamos nos restringir ao item 3. As ideias apresentadas aqui serão portanto classificadas em ideias de “Rapidez”, “Modularidade” e “Interface”.

FLUXOGRAMA DE IDEIAS



Infográfico "dinâmico" do processo de análise e ideação do nosso projeto.



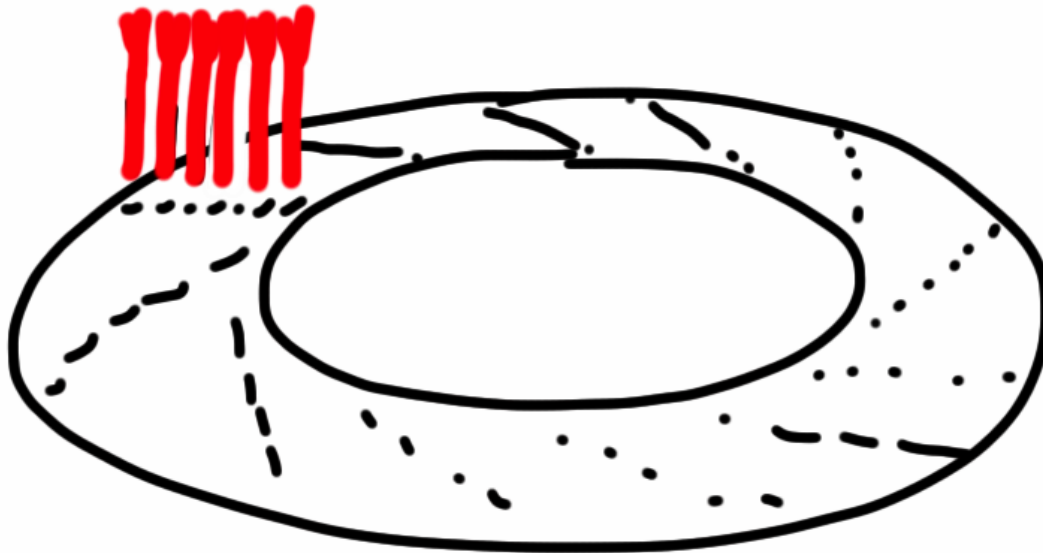
BARREL TIPS

rapidez na troca de ponteiros

Pipetas sempre são acompanhadas por ponteiros, que por motivos de precaução de contaminação e segurança são sempre trocadas após cada etapa de movimentação e mistura de líquidos.

A troca de ponteiros de pipetas portanto é um processo repetitivo e as movimentações para cada troca gasta muita energia e principalmente

tempo. A ideia aqui é usar um “pente” (semelhante a um pente de projéteis de armas de fogo) que dispensa as ponteiros em um “barril” rotativo que ao mesmo tempo repõe a ponteira na pipeta, adiciona uma ponteira nova no barril.



DISCO DE ROTAÇÃO

rapidez na pipetagem

barateamento: apenas um motor

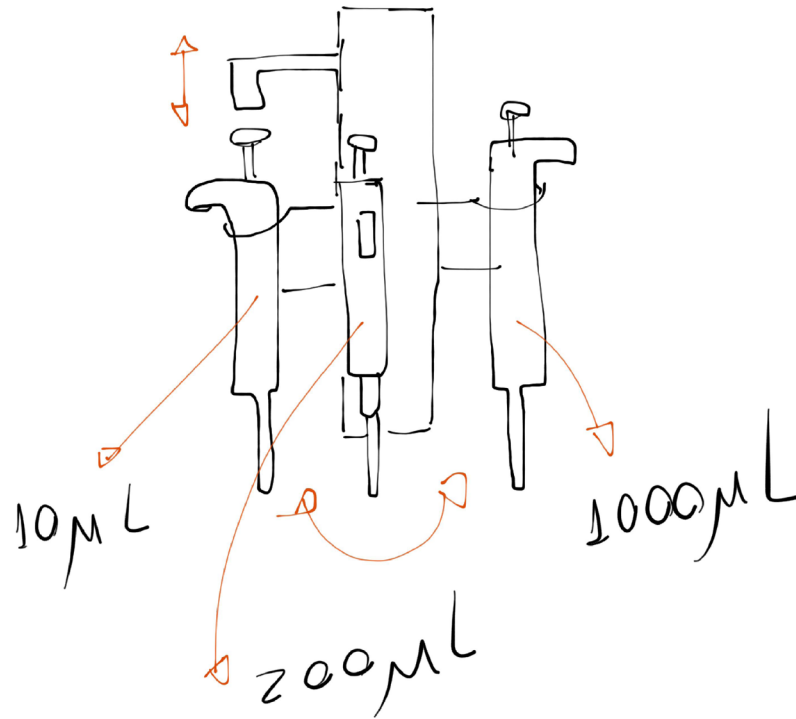
Esse design economiza recursos e energia pois usa apenas um motor, com uma programação de posições fixas de ângulo de parada. Não precisa de mais um eixo de movimentação para o posicionamento dos repositórios de líquidos.

Apesar de ágil, é pouco modular pois não permite usar o padrão retangular das placas de 96 poço,

contudo funcionaria muito bem para aplicações em larga escala e de aplicabilidade restrita, como ocorre na indústria farmacêutica.

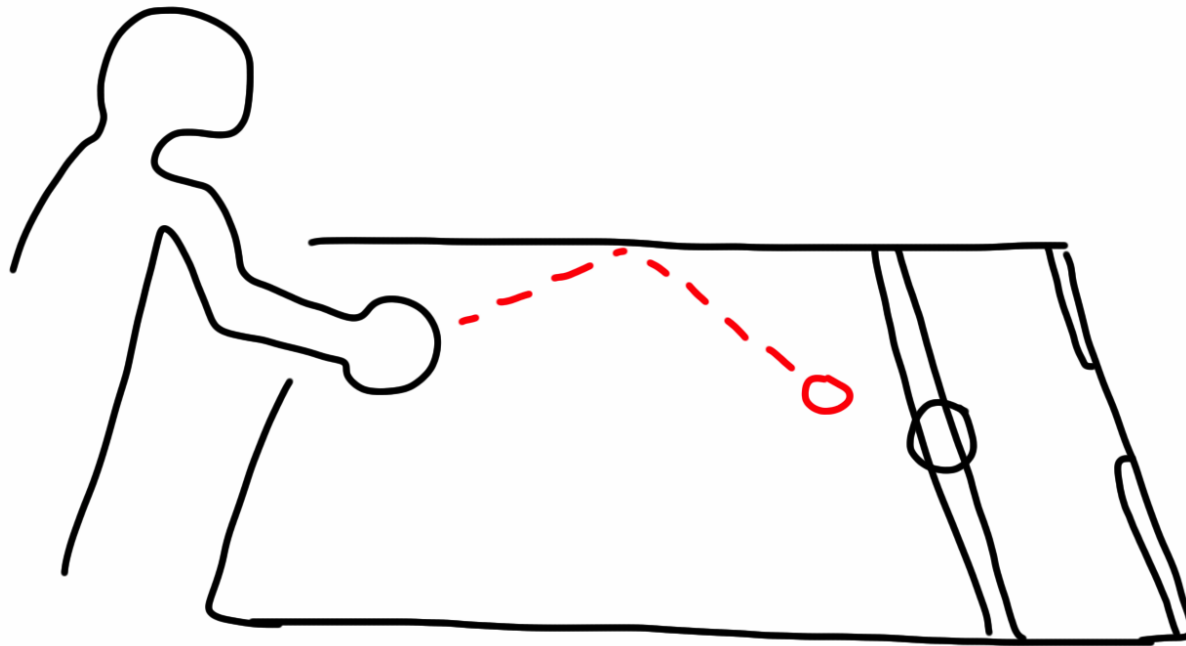
GATLING PIPETTE

rapidez na troca de pipetas



Uma das questões centrais na modularidade do projeto é a capacidade de troca das pipetas e braços mecânicos de manipulação de maneira rápida e independente do usuário. Uma ideia para resolver esse problema seria o uso de um sistema como o da metralhadora “Gatling Gun”, em que há tubos giratórios acoplados que realizam os disparos.

Usando esse mesmo design poderia ser economizado grande quantidade de tempo nas iterações do robô, além de deixar as possibilidades da pipetadora bem mais flexíveis, sem necessitar que o usuário troque as pipetas conforme as metodologias que for usar.



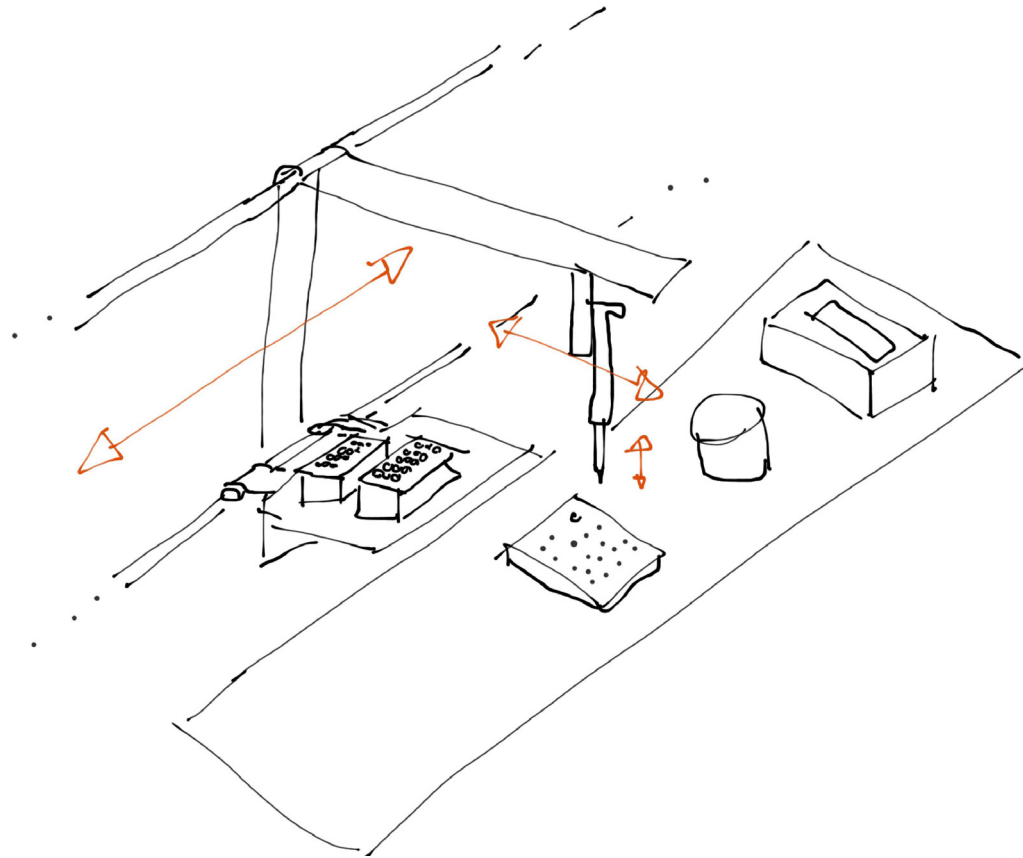
AIR HOCKEY

rapidez na movimentação

Esse tipo de controle por correias requer poucos ajustes, é barato e mostra enorme velocidade quando comparado com o sistema de movimentação em uma dimensão usando rosca-sem-fim.

A documentação da construção desse projeto (um robô que "joga" air-hockey) é excelente e o mesmo sistema de controle em duas dimensões

poderia ser aplicado para o problema da pipetadora, aumentando enormemente a velocidade do processo de pipetagem - tanto para movimentação em "x" e "y", quanto para o "z".

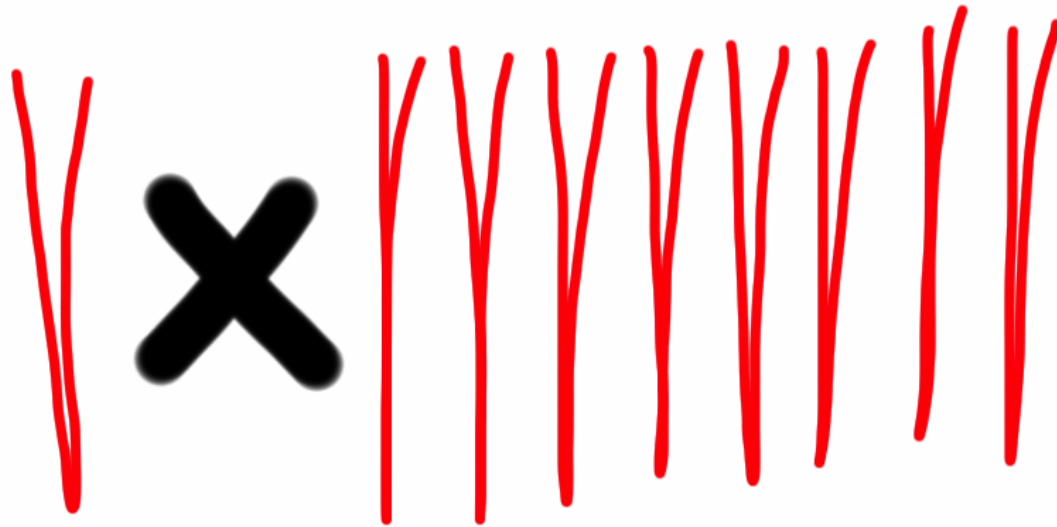


CARRO ESCU- DEIRO

rapidez na troca de ponteiros

Seguindo a linha de melhorar as iterações de troca de ponteiros, uma ideia seria criar um carrinho acompanhante das movimentações em um dos eixos do braço da pipetadora para uma rápida reposição das ponteiros descartáveis. Essa proposta diminui a movimentação desnecessária em duas outras dimensões.

O carrinho poderia ser facilmente acoplado com o sistema mecânico de movimentação do braço, sem precisar refazer de maneira radical toda a estrutura do robô.



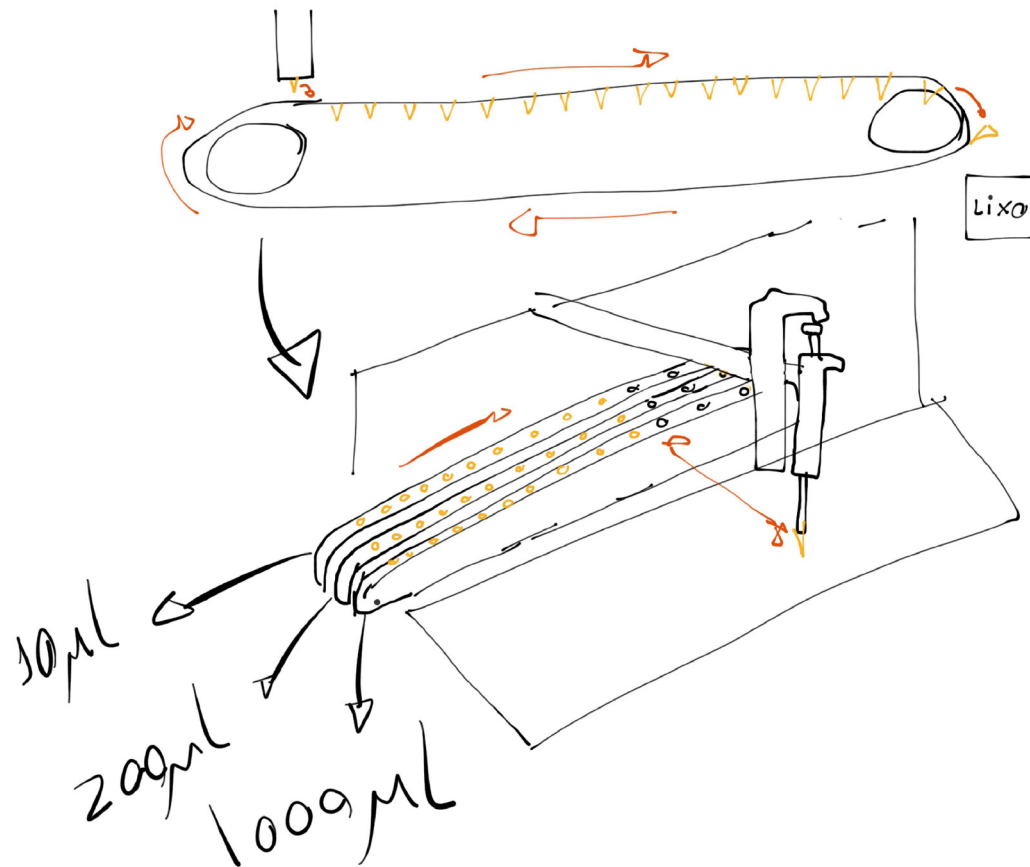
CON- TROLE SERIAL

modularidade direto na
pipeta

A proposta dessa ideia adentra numa questão que não escolhemos abordar (que envolve a precisão da pipeta) mas que contudo é bastante interessante na modularização do robô.

Para executar diferentes metodologias, diferentes pipetas são necessárias. Se houvesse uma pipeta multi-canal que pudesse ser controlada de maneira serial, não seria

necessário a substituição de pipetas (de multi-canal para canal único, por exemplo) em alguns casos



ESTEIRA ROLANTE

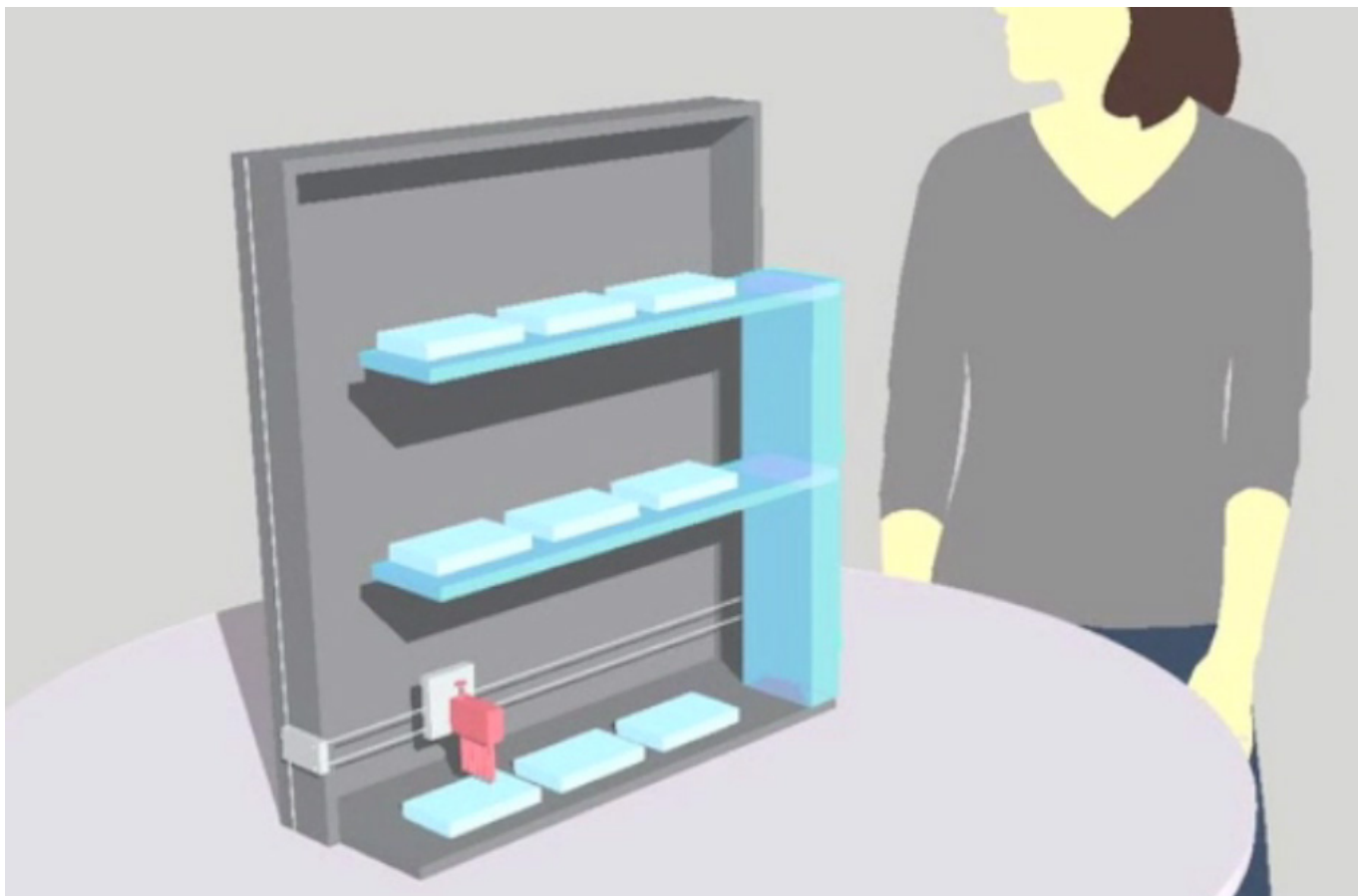
rapidez na troca de pipetas

Ideia semelhante ao “carro escudeiro” e com o mesmo “pente de ponteiras” da ideia do “barrel tips”, essa ideia é outra proposta para uma troca mais rápida de ponteiras.

Ao lado da área de trabalho se teria três correias com as ponteiras de três tamanhos possíveis. As ponteiras são inseridas pelo pente nas correias que se movimentam acompanhando

o braço da pipeta, diminuindo as movimentações do braço para a reposição de ponteiras.

As ponteiras seriam descartadas na própria correia que ao se movimentar joga as ponteiras usadas no descarte.



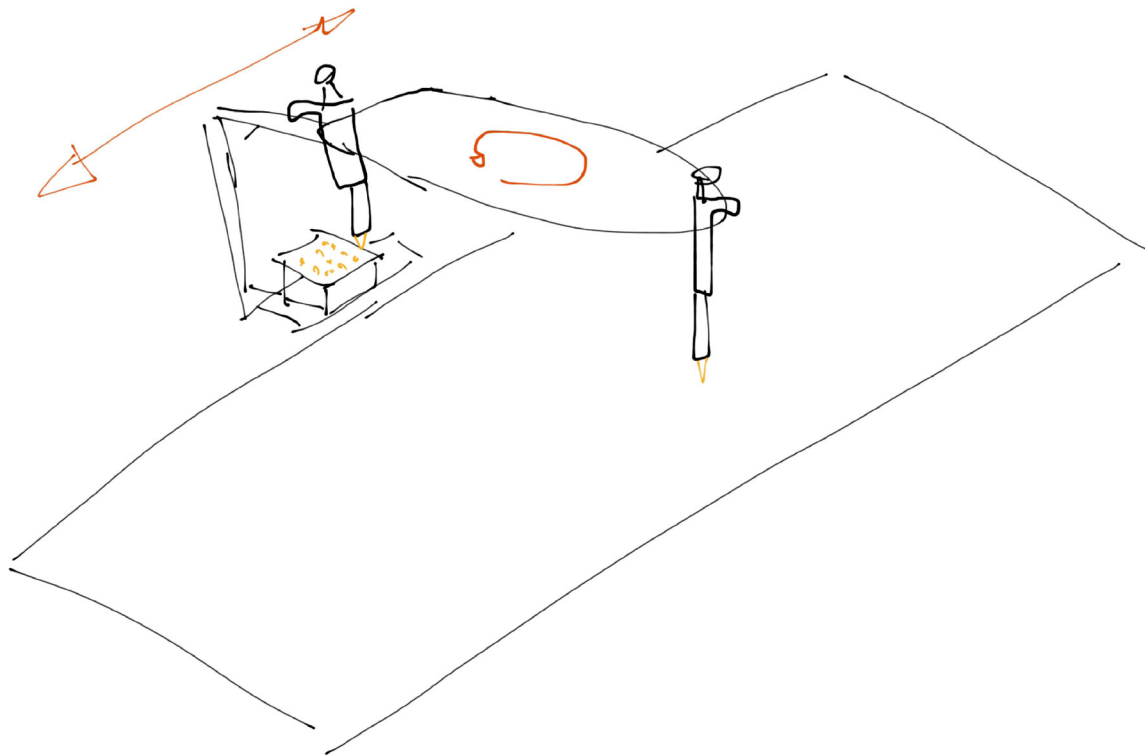
ESTANTE

modularidade no design
otimização de espaço

Essa ideia muda a lógica espacial de uma pipetadora e explora mais uma dimensão do espaço de trabalho para distribuir os materiais das possíveis metodologias que podem ser executadas pelo robô.

Além de otimizar o espaço, esse design permite diferentes organizações de experimentos - por exemplo: enquanto em um nível se organiza

um experimento a ser executado em breve, em outros níveis já se pode organizar outros materiais de outros experimentos, dessa maneira "agendando" próximas metodologias. Isso evita o trabalho de se organizar várias vezes o material na área de trabalho, fazendo com que tudo seja feito de uma vez só.



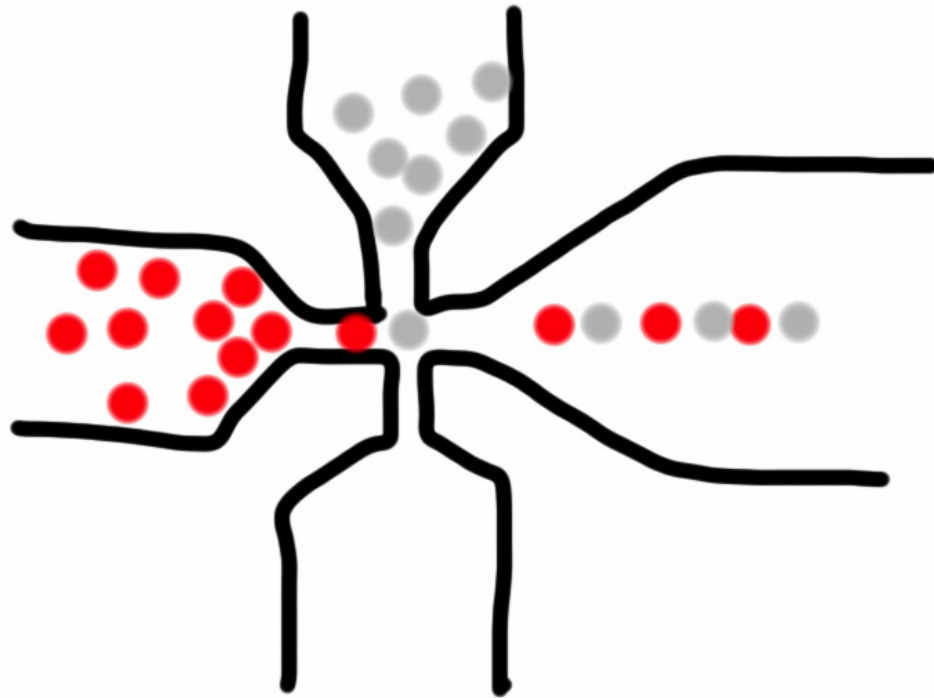
CIRANDA DAS PIPETAS

rapidez na troca de ponteiros

Uma ideia semelhante ao do “carro escudeiro”, mas com um detalhe a mais: um sistema de duas pipetas em que, enquanto uma realiza o trabalho, outra está preparada para assumir a programação enquanto a primeira repõe a ponteira.

Essa ideia, apesar de necessitar de mais uma pipeta no robô, é uma das únicas que ataca o problema da

descontinuidade da metodologia de trabalho pela troca de ponteiros de maneira a deixar o trabalho o mais ininterrupto possível e acelerando o trabalho.



MICRO² PITETAS

economia de gastos
otimização de espaço
rapidez nas metodologias

E se ao invés de pensarmos em um robô convencional considerarmos redefinir as escalas de trabalho e criarmos um microchip de microfluidica que faça todos os experimentos possíveis que um robô possa fazer?

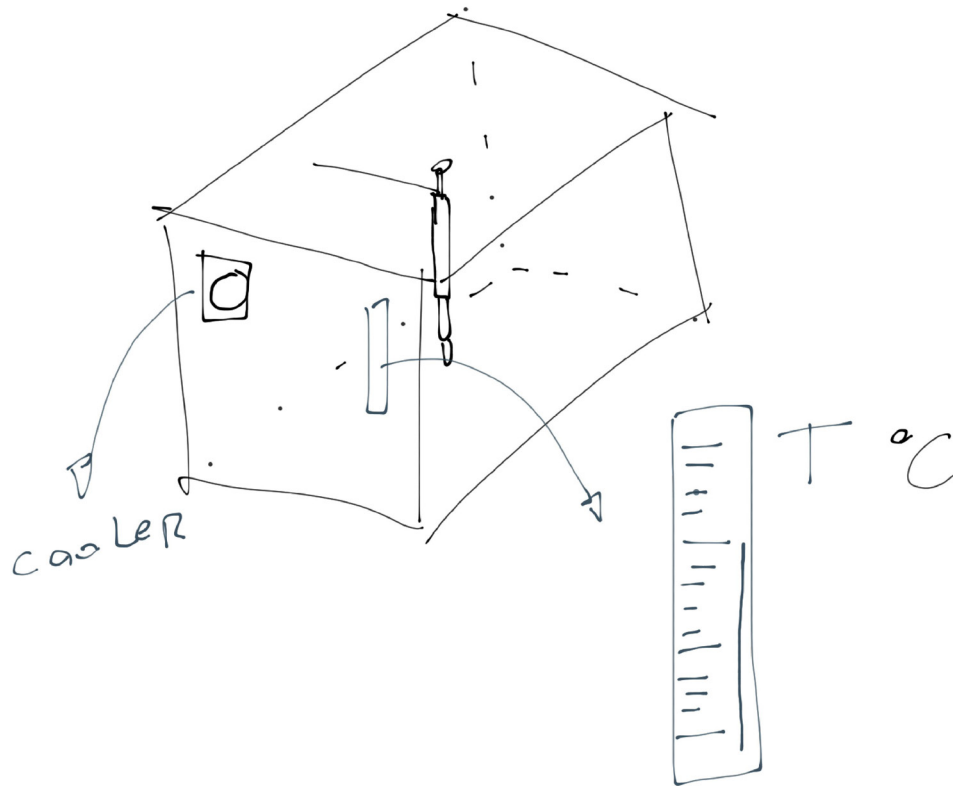
Apesar de o design do circuito ser não trivial para manter a modularidade, é uma ideia ótima para diminuir as escalas de gastos com reagentes,

trocar uma máquina que ocuparia boa parte de uma bancada por apenas um chip que caberia na palma da mão.

No desenho acima há um exemplo de mistura simples de dois fluidos em um canal único - operação mais comum com uma pipeta: mistura de líquidos.

ROBÔ- ESTUFA

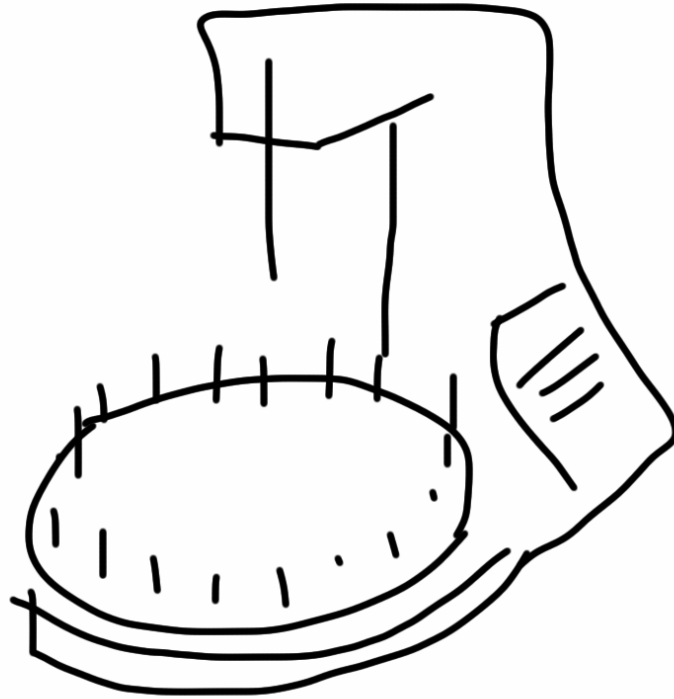
modularidade das aplicações



Uma grande quantidade de experimentos necessitam de temperaturas específicas para ocorrer. Isso é inclusive uma limitação de alguns procedimentos experimentais. Além disso, para deixar o robô mais completo e autônomo possível, é importante que ele possa conter o máximo de equipamentos possível. Então porque não juntar o que uma estufa de laboratório

faz com uma pipetadora automática?

Quase nenhuma pipetadora automática do mercado faz isso e geralmente o sistema de aquecimento não é uniforme. A proposta aqui é criar literalmente uma estufa cuja estrutura seja aproveitada para uma pipetadora automática.



BATE- DEIRA

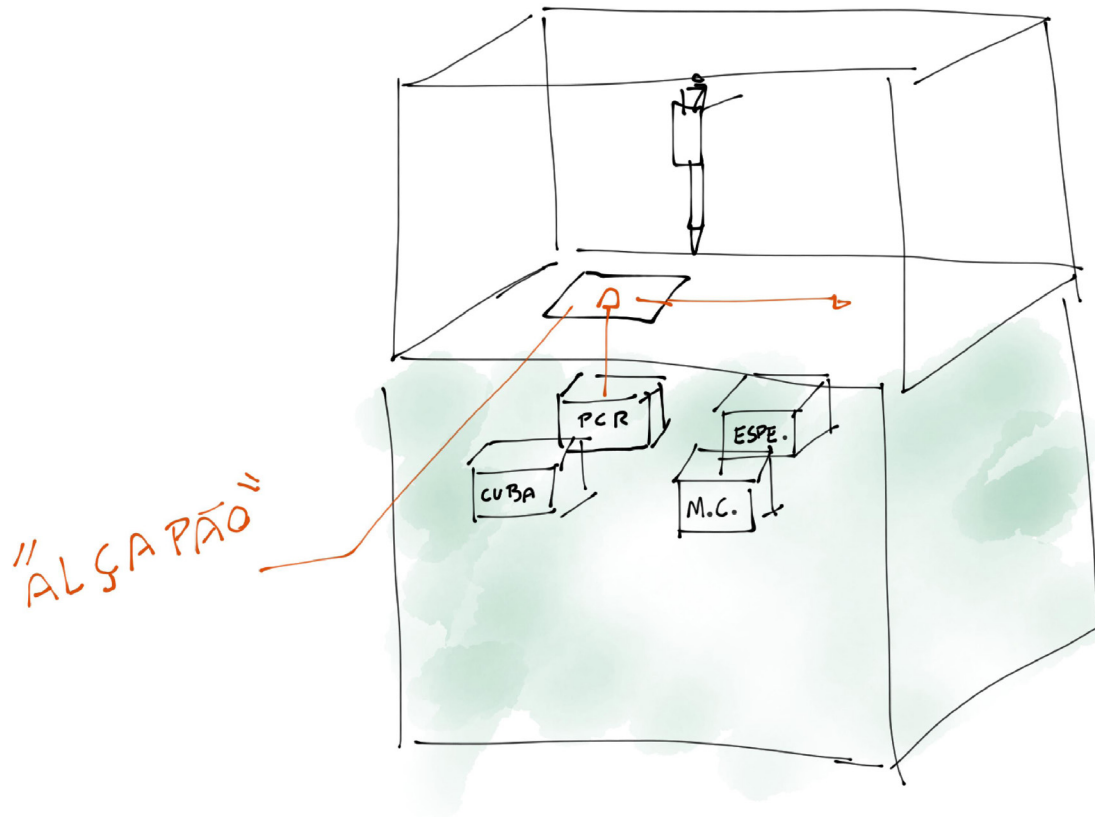
rapidez e modularidade com
canal-único

Uma modificação da ideia do disco de rotação, a diferença aqui é o uso de uma pipeta de canal único e a movimentação em pelo menos uma dimensão espacial da mesma.

O acoplamento da pipeta com diferentes materiais é maior, melhorando a modularidade da pipetadora, apesar de não ter os multicanais da ideia do disco.

LAB ON A ROBOT

super-modularização



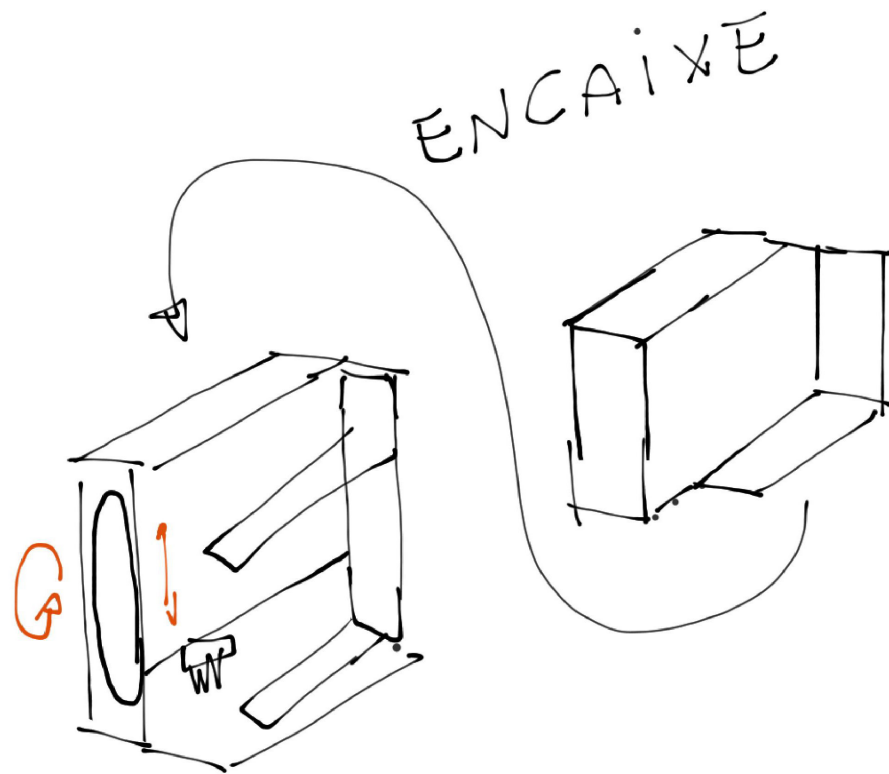
A proposta de modularização do robô é centrada em dar a maior liberdade possível para a máquina realizar qualquer tipo de procedimento automaticamente sem a necessidade de interferência do usuário no equipamento.

Pensamos então em tentar colocar o máximo possível de equipamentos de biologia molecular básica no

pipetador, que seriam armazenados numa parte inferior à área de trabalho e usados conforme seleção do usuário. Esses equipamentos poderiam ser uma microcentrífuga, PCR, uma cuba de eletroforese e um espectrofotômetro.

Com a seleção dos equipamentos a serem usados, eles seriam movimentados até a área de trabalho

através de um “alçapão”, sendo posicionados de maneira específica na área disponível e depois guardados quando o procedimento for finalizado. Poderiam ser adicionados no sistema outros equipamentos além dos citados, que idealmente poderiam ser equipamentos comerciais já existentes.



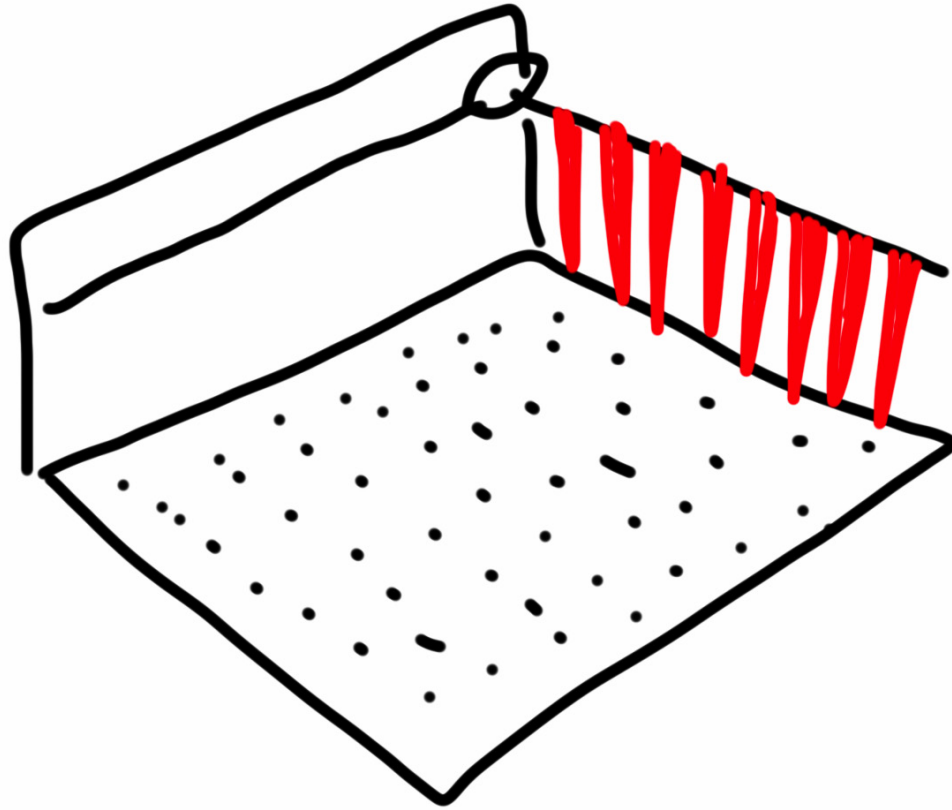
LEGO- ESTANTE

modularização do design
adaptação a diferentes users

Essa ideia se baseia na ideia da “estante” descrita anteriormente. A proposta é deixar a pipetadora um equipamento mais espacialmente modular possível, com a flexibilidade de adição de mais “prateleiras” ou mais braços de pipetação. Assim poderia-se ter mais de uma pipetadora automática em uma mesma área do laboratório, aproveitando a verticalidade

dos laboratório de biotecnologia, que geralmente são espaços mal-aproveitados - a ocupação de espaço acaba tendendo à “horizontalização”.

Além disso, esse novo design possibilitaria a customização do robô para diferentes volumes de trabalho e para diferentes necessidades do usuário.



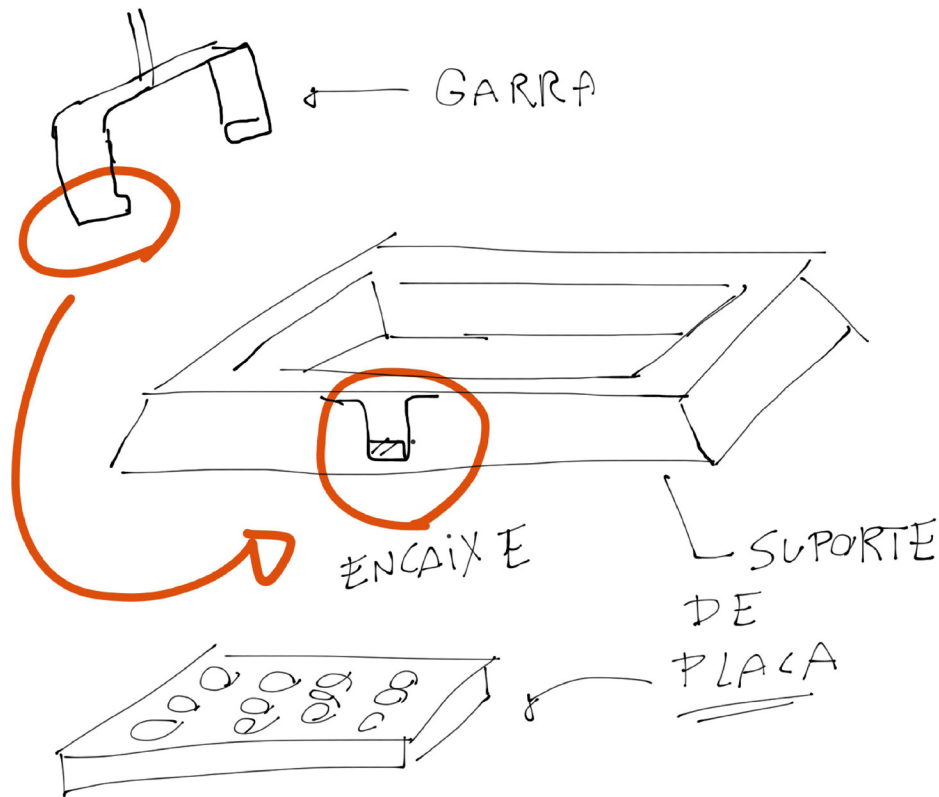
MINI- ROBÔ DE PLACAS

rapidez na pipetagem

A ideia desse design é focar em uma das maiores aplicações de pipetadoras automáticas: a movimentação de líquidos em placas de 96 poços. Propõe-se um pipetador automático “pocket-size”, capaz de pipetar com precisão e rapidez placas de 96 poços, com controle serial de cada ponteira - ideia anteriormente descrita.

Apesar de não ser flexível, é uma

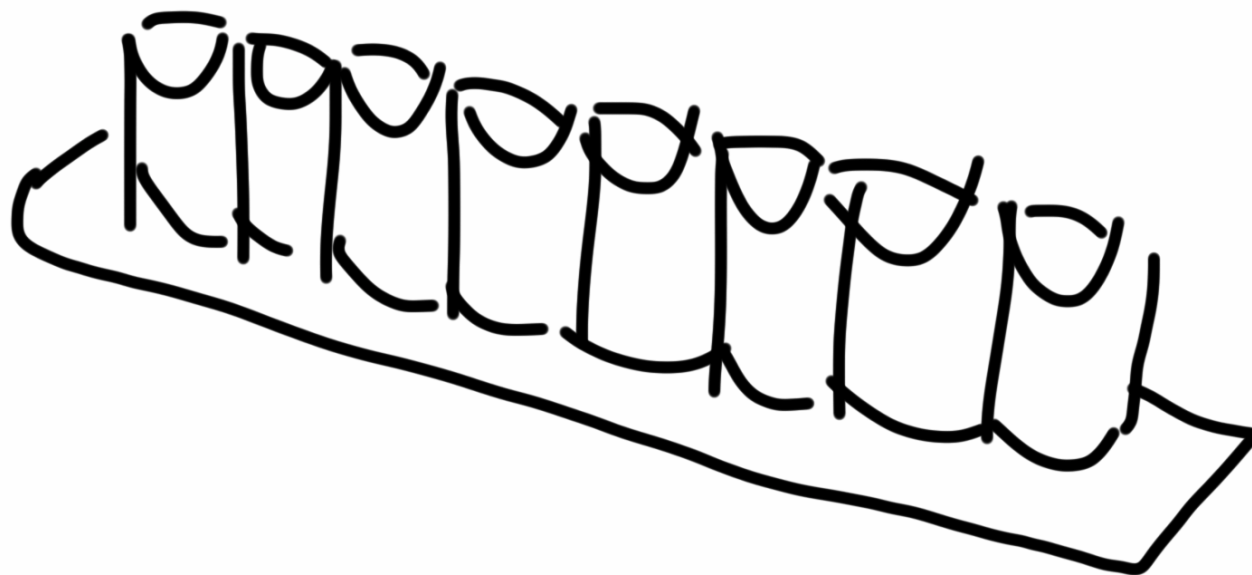
solução que vai de encontro com a maior necessidade do usuário e não usa pipetas comerciais, contando com um sistema próprio de pipetagem que garantiria a precisão por usar um sistema hidráulico para causar diferença de pressão do processo de pipetagem, ao invés de usar gás (ar).



GARRA E ENCAIXE

rapidez nos procedimentos
modularidade das aplicações

A ideia aqui é criar a estruturas de encaixe customizadas para os materiais da área de trabalho possibilitando a movimentação automática de itens facilitando o empilhamento e reorganização dos materiais para otimização dos movimentos da pipeta, tudo sem a necessidade de intervenção do usuário.



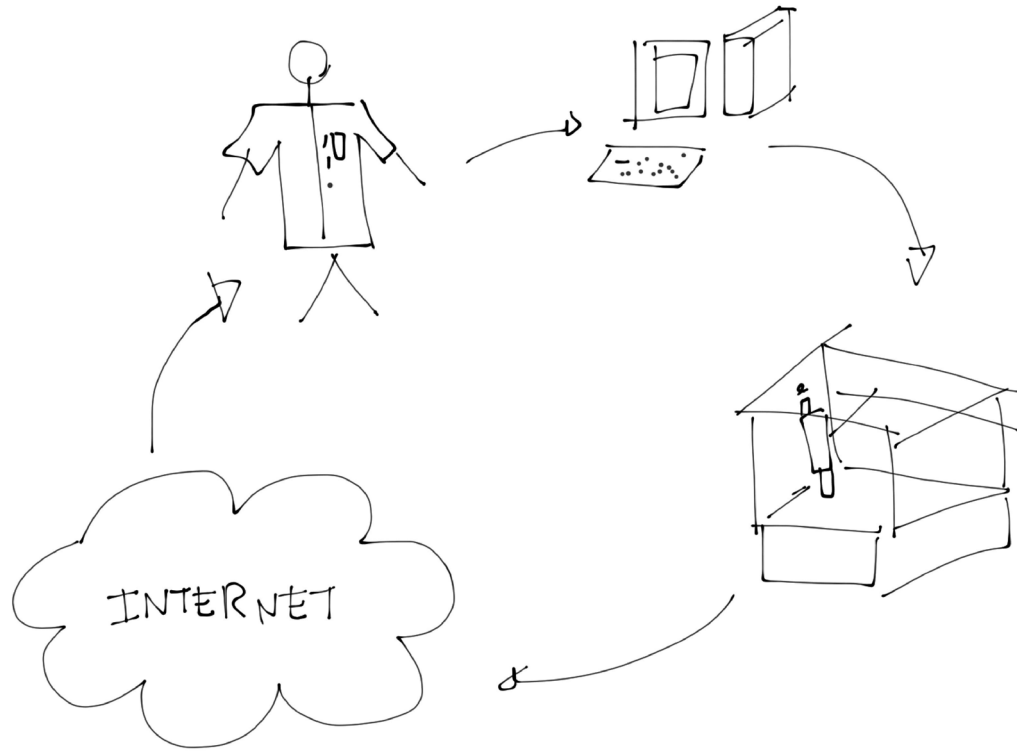
CON- VERSOR DE CANAIS

modularizador de pipetas

Ao invés de considerar a troca de pipetas manuais inseridas no robô, essa ideia considera um dispositivo que evita pelo menos uma dessas trocas: a troca de uma pipeta multicanal em uma de monocanal e vice-versa.

A proposta é criar um dispositivo que, quando acoplado à saída de pipetas de monocanal (que usam apenas uma ponteira), a transforme em

uma capaz de pipetar 9 líquidos com 9 ponteiras diferentes, resolvendo um aspecto dos problemas de modularização do braço pipetador de maneira econômica (tirando a necessidade de se ter uma pipeta multicanal) e rápida.



PRO- GRAMAS NA NUVEM

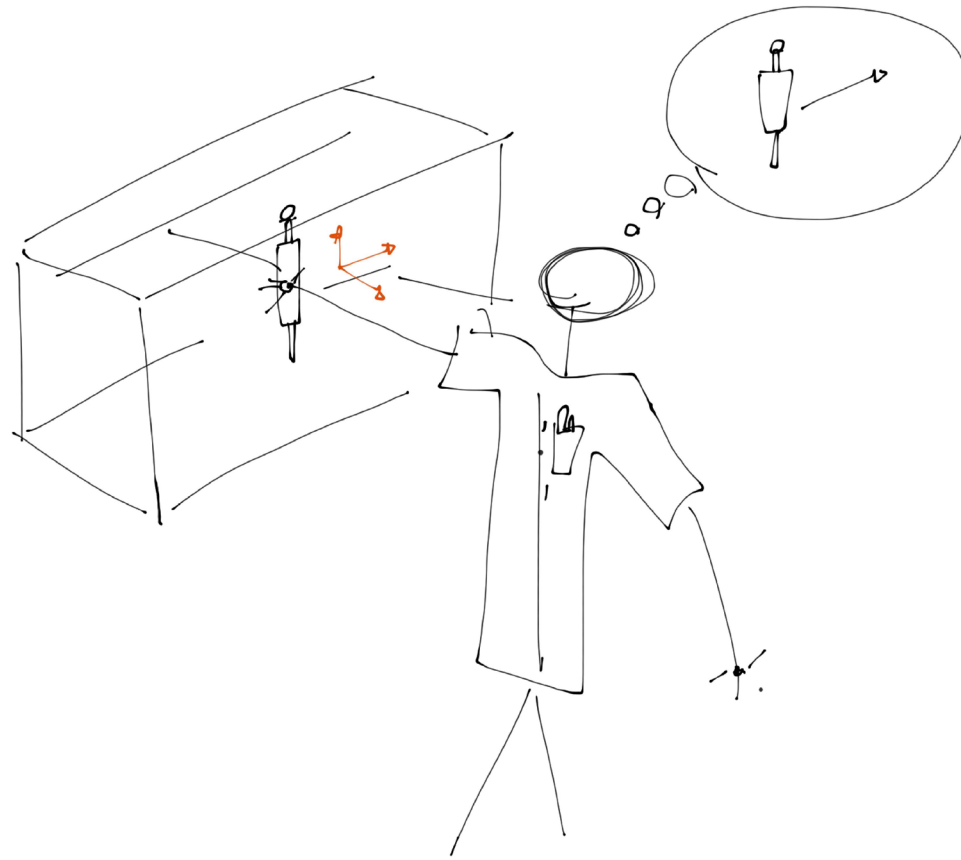
melhor interface com o user
facilitação da programação

Um dos principais problemas identificados do usuário é a dificuldade com a programação do robô, o que torna seu uso limitado, inutilizando boa parte do potencial de trabalho da máquina.

Para diminuir essa energia necessária para a programação da máquina, idealizamos a criação de uma plataforma online que recolha

programações da própria comunidade de usuários para a operação da máquina.

Como boa parte das metodologias em biologia molecular e bioquímica é bastante padronizada, o usuário poderia recorrer a programas prontos ao invés de ter que programar "do zero" seu experimento, criando um "retrabalho científico".

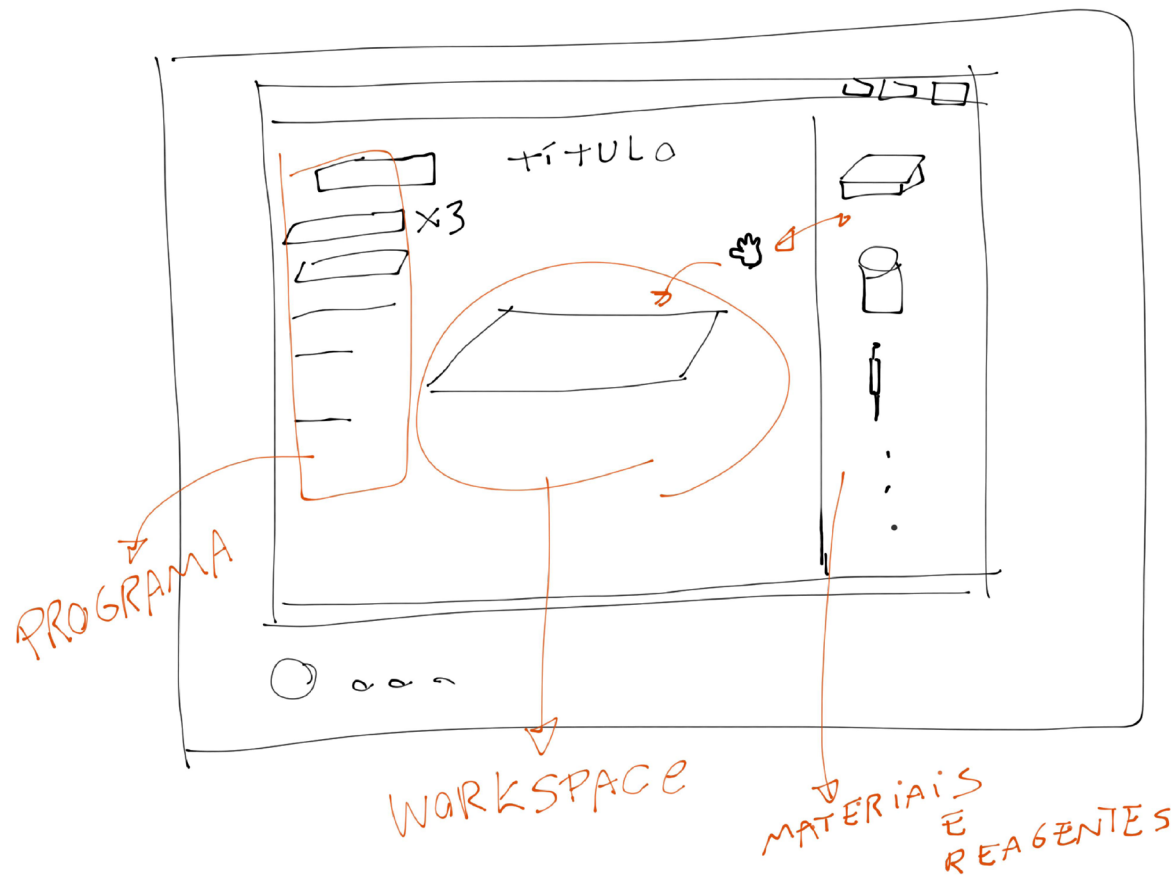


ENSINAN- DO COM AS MÃOS

intuitiva interface com o user

A ideia dessa interface com o usuário é eliminar ao máximo a necessidade de programação no computador. O usuário “gravaria” diretamente com a movimentação do braço pipetador pelo menos uma iteração que ele deseja que o robô reproduza. O programa gravaria as coordenadas de movimentação e realizaria os procedimentos com o mínimo de necessi-

dade de configuração de parâmetros por computador pelo usuário.



DRAG'N DROP

interface fácil
reprodução virtual

Para auxiliar o usuário a programar, visualizar e testar o seu programa antes de executá-lo na máquina, seria interessante ter um programa usando um recurso "drag'n drop" de materiais numa área de trabalho da pipetadora que simule virtualmente o espaço e as iterações definidas pelo usuário.