



Universidade de Brasília



EXPERIMENTAÇÃO 2:
Durante o Experimento

RESUMO

Como se prepara e executa
um experimento

User

Concepta McManus

Sônia Nair Bão

Andrea Queiroz Maranhão

Daniel Pimentel

José Jivago Rolo

Felipe Pimentel

Sumário

Etapas para experiências bem-sucedidas	2
As 10 principais dicas para organizar seu livro de laboratório	4
7 maneiras de compartilhar seus protocolos de laboratório online	9
Estrutura de um protocolo de laboratório eficaz	13
Antes do Experimento	20
Lista de Verificação do Procedimento Experimental	21
Durante o experimento	22
Estruturar a Análise	25
Quando coisas não dão certo	28
Erros Comuns	30
A lista de erros relacionados (os imperativos “nunca”) é longa e inclui:	33
Trate o fracasso como um cientista	33

Etapas para experiências bem-sucedidas

Uma das habilidades críticas necessárias para qualquer cientista é a capacidade de projetar e realizar experimentos bem-sucedidos de forma consistente. Também é vital que quaisquer experimentos possam ser replicados. Existem, é claro, muitas variáveis que podem fazer com que um experimento falhe, mas existem alguns passos básicos que, se tomados rotineiramente, podem aumentar suas chances de sucesso sempre. Depois de muitas tentativas fracassadas e bem-sucedidas de experimentos, aqui está minha receita para o sucesso experimental.

1. Defina seu objetivo

Por que você está fazendo o experimento e quais são os resultados esperados? Um bom experimento lhe dirá algo, mesmo se você obtiver dados negativos. Certifique-se de incluir todos os controles necessários! Todas essas informações devem ser registradas em seu livro de laboratório bem organizado e atualizado.

Em seu caderno de laboratório, escreva os objetivos principais do experimento, juntamente com um esboço ou fluxograma descrevendo o procedimento. Não copie o procedimento literalmente do manual. Em vez disso, tente identificar quais e como os dados devem ser obtidos, bem como equações e/ou conceitos relevantes. Seu procedimento também deve ajudá-lo a ver o fluxo geral do experimento.

Organize seu trabalho e escreva de forma legível. Use detalhes suficientes para que seu notebook permita que outra pessoa refaça o experimento e obtenha resultados semelhantes. Escreva em tinta. Para corrigir algo, desenhe uma única linha através da entrada incorreta e coloque a entrada correta próxima. Você deve preparar seu pré-laboratório em seu notebook antes de fazer cada experimento.

Algumas dicas:

- Sua seção de procedimento deve incluir informações suficientes para realizar o experimento.
- Resuma ou abrevie os detalhes fornecidos no manual usando esquemas, fluxogramas e/ou diagramas.
- Registre as mudanças no procedimento (e explique).

- Inclua esboços de instrumentos conforme necessário (fotocópias são permitidas) e uma lista de equipamentos necessários.
- Leia o experimento e sua tarefa para verificar se faz sentido.
- Visualize todas as etapas e escreva-as para que você tenha um fluxograma ou esboço do procedimento.
- Destaque os locais onde você registrará cada parte dos dados. Quando você for pegar vários dados relacionados, faça uma tabela.
- Mantenha seu notebook limpo e organizado para tornar seu trabalho mais preciso e fácil de interpretar.
- Você também deve criar tabelas de dados para poder registrar os dados à medida que os mede. Você deve registrar os valores experimentais em seu caderno. Todas as quantidades inseridas devem ser rotuladas e ter as unidades corretas. Nunca deixe detalhes para depois. Faça as anotações necessárias para que você não tenha que confiar apenas em sua memória.
- Prepare um lugar em seu caderno para cada medição. Faça tabelas claramente rotuladas com antecedência para registrar observações relacionadas, principalmente para grandes quantidades de dados e resultados.
- A criação de boas tabelas pode exigir alguma prática.

pan balance (0.01g)			analytical balance (0.0001g)				
run#	m _{dry beaker} [g]	m _{beaker+water} [g]		m _{dry beaker} [g]	m _{beaker +water} [g]	t _{transfer}	t _{weigh}
1							
2							
3							

Algumas medições são feitas apenas uma vez, portanto, nenhuma tabela é necessária, mas ainda é bom deixar espaços "em branco" para preencher os dados. Por exemplo, os dados que não são de tabela para o experimento de calibração de pipeta podem ser os seguintes.

1. T_{water} = _____ °C
2. $\text{Diameter}_{\text{beaker}}$ = _____ cm
3. $m_{\text{clean beaker}}$ = _____ g
- $m_{\text{smudged beaker}}$ = _____ g

- Nunca rabisque dados em folhas de papel soltas.

- Nunca espere para anotar valores.
- Nunca rasgue as páginas do seu caderno.
- As observações incluem cheiros, cores e quanto tempo os eventos levam para acontecer, bem como leituras de instrumentos.
- Sua escrita deve permanecer legível e cada página deve ser datada.
- Desenhe linhas simples através de erros.
- Se você quiser adicionar algo, adicione-o em uma página posterior e faça referência cruzada aos números das páginas.
- Seu notebook pode parecer bagunçado, mas esse é o formato convencional usado.
- Pergunte a si mesmo se seus resultados fazem sentido. Se não, pare e descubra o que está acontecendo. As coisas nem sempre correm bem.

As 10 principais dicas para organizar seu livro de laboratório

Se você também está lutando para decifrar suas notas adesivas, veja minhas principais dicas para organizar seu livro de laboratório de uma vez por todas!

1. Reserve um tempo todos os dias

Se existe uma regra fundamental para organizar seu livro de laboratório – é essa! Pode não ser a coisa mais divertida de se fazer depois de um longo dia no laboratório, mas tudo que você precisa é de 10 minutos por dia e seu livro de laboratório praticamente se escreverá sozinho. O bônus é que, quando você estiver na rotina, dificilmente pensará nisso como uma tarefa árdua.

2. Mantenha um bloco de notas em seu banco

Use-o para anotar coisas com pressa, mas lembre-se de datar a página. Dessa forma, se você perder um dia, poderá voltar ao seu caderno e encontrar todos os detalhes de que precisa sem precisar procurar o lenço que rabiscou há 2 dias. Você pode até usar um diário de página inteira - para que você nem precise datar as páginas!

3. Use Modelos

Pode ter todos os protocolos digitados e, antes de cada experimento, imprime um. Isso significava que sempre sabe o que estava fazendo e podia anotar quaisquer alterações diretamente no protocolo. No final do dia, tudo o que precisava fazer era recortar e colar no livro de laboratório. Isso economize muito tempo.

4. Numere suas páginas

Os livros de laboratório que eram simples blocos de anotações de capa dura e vinham sem nenhum tipo de número de página. Isso economize muito tempo simplesmente dizendo 'veja a página x para mais detalhes'.

5. Tenha uma estrutura definida e certifique-se de incluir objetivos e origens!

Embora possa parecer excessivamente formal iniciar suas entradas com tal preâmbulo, isso o ajudará imensamente quando se trata de escrever seu trabalho como um artigo ou em sua tese. Isso também ajudará a manter sua mente focada no quadro geral do seu projeto e garantir que você entenda por que está fazendo esse experimento.

6. Inclua mais detalhes do que você acha que precisa

Aprendi isso da maneira mais difícil: toda vez que eu perdesse um pequeno detalhe que eu achava que sempre me lembraria, seria a única coisa que eu precisava quando olhasse para trás. Uma das melhores maneiras de garantir que você não esqueça nada é pensar em seu livro de laboratório como um manual de instruções que alguém poderia seguir sem precisar de tradução.

No final das contas, é exatamente para isso que serve seu livro de laboratório: para garantir que, depois que você sair do laboratório, outra pessoa possa aparecer e replicar seus resultados.

7. Não se esqueça dos resultados

Enquanto você precisa saber os detalhes de como você fez os experimentos, você também precisa saber o resultado – afinal, é o objetivo de fazer o trabalho!

Muitos resultados podem ser escritos ou recortados e colados em seu livro de laboratório; no entanto, alguns resultados (como géis secos e filmes de raios-X) são um pouco mais complicados e você pode não querer colocá-los para baixo. Para esses casos, coloco os resultados em uma pasta em bolsos de polietileno e coloco uma etiqueta com a data e o número da página do meu livro de laboratório.

Dessa forma, posso encontrar meus resultados e como consegui-los com o mínimo de esforço. Isso também vale para arquivos digitais – inclua a data e o número da página no nome do arquivo e você economizará tempo ao procurar os detalhes.

8. Faça anotações de qualquer coisa incomum

Sua amostra parecia diferente do normal ou a máquina que você estava usando estava se comportando de maneira estranha? Embora possa parecer obsessivo acompanhar esses detalhes, essas informações podem ser a chave para entender resultados peculiares ou solucionar problemas de experimentos com falha.

9. Lembre-se de que seu livro de laboratório é um documento oficial

O livro de laboratório não é sua propriedade, mas pertence à universidade ou organização para a qual você trabalha e, portanto, deve ser profissional. Deixe de fora quaisquer comentários e reflexões pessoais, você sempre pode manter seu próprio livro de pensamento informal para essas informações. Uma maneira de mantê-lo profissional é fazer com que seu livro de laboratório seja verificado pelo seu supervisor, pelo menos no início, para ver se o que você está fazendo está no nível esperado.

10. Torne-se digital

Os livros de laboratório digital estão se tornando cada vez mais populares devido à capacidade de acessar métodos e resultados de qualquer local, além do benefício de não ter que se concentrar em tornar suas anotações legíveis para

qualquer pessoa além de você. Ele também fornece uma maneira simples de compartilhar informações com colegas de laboratório.

2. Encontre o melhor método para obter experimentos bem-sucedidos¹

Com tantos protocolos por aí, pode ser difícil tentar reduzi-lo a apenas um. Depois de levar em conta o custo dos reagentes, se alguém que você conhece já fez o experimento antes, e quão amplamente a técnica foi usada, no final, você só precisa escolher um e seguir em frente!

Uma das coisas mais excitantes de ser um cientista é fazer experimentos que nunca foram feitos antes. Infelizmente, isso também pode ser um dos aspectos mais assustadores da ciência. Então, como você monta o novo protocolo para um novo experimento? Continue lendo para tornar sua próxima experiência menos assustadora.

Quebre o novo protocolo em pedaços

Ao abordar um novo experimento intimidador, a coisa mais fácil a fazer é primeiro dividi-lo em partes gerenciáveis. Quebrá-lo em pedaços pode ajudá-lo a organizar e priorizar os protocolos necessários. Mais importante, apenas faz com que pareça menos grande e assustador, tornando mais fácil para você começar. E enquanto você está quebrando o novo protocolo, certifique-se de anotar tudo o que pode ter sido feito antes. Isso porque o próximo passo é...

Encontre quaisquer experiências realizadas anteriormente

Embora seu experimento como um todo possa ser novo, é provável que muitas partes de seu experimento já tenham sido feitas antes. Eles podem estar em outro sistema ou para um fim diferente, mas alguma versão dele já foi feita antes. Então, seu próximo trabalho é encontrá-los. Comece 1) acessando bancos de dados de protocolos, como bioprotocols.com² ou protocol-online.org³, 2) pergunte a seus colegas de laboratório, eles podem já ter feito

¹ <https://blog.addgene.org/sharing-your-lab-protocols-using-apps-to-save-you-time-and-track-your-experiments>

² <http://www.bio-protocol.org/Default.aspx>

³ <http://www.protocol-online.org/>

coisas semelhantes e 3) leia sua literatura primária. Ao procurar protocolos apropriados, esteja aberto a protocolos realizados em diferentes espécies ou com diferentes objetivos finais. Embora todo o protocolo possa não se adequar ao seu propósito, tudo bem – você só precisa de um começo, algumas diretrizes sobre como aplicar as técnicas ao seu sistema.

Encontre as semelhanças

Procure nos protocolos que você encontrar semelhanças que se aplicam ao seu novo experimento. Se a maioria dos protocolos compartilhar algo, tome nota! Porque é provavelmente um passo importante. Se você encontrar desvios, tome nota também! Você nunca sabe, você pode ter que tentar várias variações para encontrar o que funciona melhor para você.

Eu sei que basicamente só disse para você fazer anotações sobre tudo. Eu sei que a tentação é desconsiderar esse conselho na tentativa de economizar tempo. Daqui a alguns meses, quando você estiver solucionando problemas ou daqui a anos, quando estiver escrevendo sua dissertação, você ficará feliz por ter feito boas anotações sobre o desenvolvimento do seu protocolo.

Preencha nos espaços

Depois de reunir os protocolos publicados da melhor maneira possível, é hora de preencher as lacunas. Normalmente, essas lacunas são coisas específicas do seu laboratório. Espero que seus colegas de laboratório e você tenham o conhecimento e a formação necessários para dar os saltos. Caso contrário, você só pode precisar de um palpite educado. Lembre-se, porém, nada é garantido. Como essas técnicas estão sendo realizadas sob novas condições, os protocolos publicados e até mesmo os métodos testados pelo tempo do seu laboratório podem precisar ser ajustados.

Teste suas opções e ajuste

A essa altura, você já deve ter desenvolvido algumas variações de protocolo. Para descobrir qual variação é melhor, você precisa testá-las. Ao testar, lembre-se de usar algumas amostras com algumas réplicas. Você quer ter

certeza de que seus sucessos ou fracassos não são apenas de má forma ou amostras.

Não fique (também) frustrado!

Esta é talvez a parte mais difícil. Mas seja gentil consigo mesmo. Você está explorando águas desconhecidas. Portanto, não se surpreenda se não funcionar perfeitamente na primeira tentativa. Mantenha-se nisso. Anote onde ocorrem diferentes falhas, ajuste e tente novamente. Apenas tome cuidado para não ajustar muitas etapas de uma só vez, pois isso dificultará a redução de quais etapas funcionaram.

Muitos novos protocolos podem ser criados sem muitos problemas. Outros podem ser irritantes. Apenas lembre-se de levar o seu tempo. O tempo gasto pesquisando e desenvolvendo um novo protocolo sólido é um tempo bem gasto. Portanto, tente não ficar muito frustrado. Lembre-se, no final de tudo você será a primeira pessoa a tentar este experimento, e isso é algo que vale a pena se gabar!

- Declare seu controle.
- Declare sua variável independente.
- Declare sua variável dependente.

7 maneiras de compartilhar seus protocolos de laboratório online

(A) Addgene (Site: <http://www.addgene.org/>)

Se você estiver trabalhando com plasmídeos e decidir compartilhá-los usando o repositório da Addgene, também poderá compartilhar seus protocolos associados. Ao enviar suas informações de plasmídeo, você terá a opção de adicionar documentos adicionais. Ao carregar seus protocolos em sua página de plasmídeo, os cientistas que solicitarem seu plasmídeo terão acesso fácil aos seus protocolos quando começarem seus próprios experimentos. Precisa enviar um protocolo atualizado? Basta enviar um e-mail para help@addgene.org e teremos prazer em enviar seus recursos mais recentes. Aqui está um exemplo de um plasmídeo com um protocolo para download

listado em “Documento Suplementar”: gRNA_Cloning Vector (depositado pelo laboratório de George Church).

Addgene também catalogou uma variedade de protocolos de clonagem molecular úteis, incluindo fazer placas de LB agar, digestão de restrição de DNA plasmidial e transformação bacteriana. E mais recursos educacionais relacionados a plasmídeos podem ser encontrados em nossa série de blogs Plasmids 101.

(B) Protocols.io (Site: <http://protocols.io/>)

Protocols.io é a criação do ZappyLabs. Atualmente em teste beta, o software pretende ser um repositório de protocolos de ciências da vida. O software pode ser usado com o aplicativo móvel ZappyLabs Bench Tools (disponível para iOS e Android). Um recurso interessante do protocols.io é o recurso de lista de verificação que permite marcar as etapas de um protocolo à medida que você as termina, ativar temporizadores predefinidos para etapas de incubação e salvar todo o processo para que você tenha um registro de seus trabalhos. Esse recurso simplifica ainda mais o trabalho de laboratório se você gosta de levar seu telefone para o laboratório, embora, honestamente, isso ainda me enoja. Talvez seja apenas eu – eu não ganhei um smartphone até terminar meu doutorado e deixar o laboratório para trabalhar fora da bancada – mas existe uma maneira estéril e limpa de levar seu telefone para o laboratório? Talvez ter um tablet dedicado para uso em laboratório?

O software também facilita a anotação de protocolos, torna-os públicos para outros usarem e adiciona seus próprios comentários. Atualmente você pode encontrar protocolos da NEB, OpenWetWare (veja abaixo) e agora Addgene.

(C) Wikis OpenWetWare (Site: <http://www.openwetware.org/wiki/Protocols>)

OpenWetWare.org (OWW) é um wiki que fornece uma comunidade para biólogos e bioengenheiros compartilharem seus materiais educacionais, protocolos e cursos, bem como um espaço para laboratórios de pesquisa criarem seus próprios laboratórios ou sites de grupos. OWW é gerenciado pela BioBricks Foundation e é construído em cientistas adicionando e editando

conteúdo. Aqui na Addgene, somos conhecidos por recomendar protocolos listados no OWW, incluindo aqueles para preparar suas próprias células competentes. Se você estiver familiarizado com o processo de criação e edição de páginas da Wikipedia, o OWW será relativamente fácil para você começar a usar. Para o iniciante, o formato tem uma curva de aprendizado, mas o OWW o guia pelo processo com tutoriais detalhados e modelos fáceis de copiar e modificar (por exemplo, <http://openwetware.org/wiki/Protocols/Template>).

(D) Intercâmbio de Protocolo de Nature (<http://www.nature.com/protocolexchange/>)

Nature Protocol Exchange (NPE) é um repositório de protocolo online aberto hospedado pelo Nature Publishing Group. Como os sites mencionados anteriormente, o NPE permite que os cientistas participem de laboratórios ou grupos e carreguem protocolos para compartilhar com outras pessoas. O site permite que você comente sobre protocolos e crie listas de seus protocolos favoritos para referência futura. Atualmente, o intercâmbio possui mais de 2.500 protocolos cobrindo uma variedade de tópicos bio e biomédicos.

(E) Protocolo on-line (Site: <http://www.protocol-online.org/>)

Protocol Online é um dos primeiros sites de compartilhamento de protocolo. Foi criado em 1999 e permite que os cientistas contribuam com protocolos ou forneçam links para protocolos em seus próprios sites. Não temos certeza com que frequência ele está sendo atualizado agora, mas existem alguns protocolos clássicos no Protocol Online que você pode achar úteis para sua pesquisa.

(F) LabGuru (Site: <http://www.labguru.com/>)

Labguru é um bom lugar para ir se o seu laboratório está procurando agilizar o gerenciamento do seu laboratório e você quer o trabalho: organizar o armazenamento e estoque de reagentes, gerenciar pedidos, acompanhar alunos e projetos de pesquisa, cadernos eletrônicos de laboratório e gerenciamento de protocolos. Embora este seja um software baseado em assinatura, o Labguru oferece avaliações gratuitas e opções de preços para laboratórios acadêmicos, departamentos, indústria e muito mais para atender

às necessidades de cada laboratório. Além disso, existem os aplicativos - muitos para ajudá-lo a acessar seus protocolos na bancada, manter seu inventário na ponta dos dedos e fazer listas de compras enquanto termina o último reagente. Embora o compartilhamento de seus protocolos seja limitado ao seu grupo de laboratório, o Labguru oferece acesso a protocolos de fornecedores externos, como Nature Protocols e NEB.

(G) Quartzy (Site: <https://www.quartzy.com/>)

O Quartzy é uma ferramenta gratuita de gerenciamento de laboratório baseada na Web que permite que os laboratórios criem contas nas quais seus membros podem compartilhar protocolos, se inscrever para equipamentos compartilhados e rastrear inventário e pedidos. A Quartzy atende a laboratórios de ciências da vida e oferece o serviço gratuitamente aos cientistas, permitindo que as empresas paguem para publicar seus catálogos no site. Assim como o Labguru, o Quartzy oferece software projetado com o fluxo de trabalho dos cientistas em mente e pode oferecer uma solução completa para as necessidades de organização e gerenciamento de seu laboratório. Com o Quartzy você pode compartilhar protocolos com seus colegas de laboratório, mas o sistema não parece ter uma maneira de compartilhar seus protocolos com outros grupos.

3. Escreva o protocolo

Esta etapa o ajudará a identificar todos os reagentes necessários para seu experimento e a avaliar o tempo necessário para realizar o procedimento. Além disso, é muito mais fácil seguir um protocolo que você mesmo escreveu do que um que foi escrito por outra pessoa. Dito isso, faça uso de colegas que já fizeram o experimento antes; eles provavelmente terão algumas dicas e indicações úteis.

- Descreva como você executará seu experimento.

Estrutura de um protocolo de laboratório eficaz

Use um protocolo de modelo

O primeiro passo deve ser decidir sobre o seu layout. A melhor opção é ter uma estrutura definida que possa ser usada para vários procedimentos diferentes, assim você saberá onde encontrar qualquer informação dada. Seu departamento pode ter um layout para você usar e, nesse caso, a vida se torna muito mais fácil. E se não, fique à vontade para o nosso modelo, que você pode baixar aqui gratuitamente! ! Você também encontrará uma variedade de opções online, em sites especializados que também podem fornecer ferramentas de modelo e edição, como Labfolder, hivebench ou protocolos.io, que podem até dar ao seu protocolo um DOI que pode ser citado por outras pessoas.

Os protocolos de laboratório eficazes incluem todos os reagentes e equipamentos necessários

Se você está realmente começando do zero, é uma boa ideia começar com uma lista de todos os reagentes e equipamentos necessários, juntamente com detalhes da origem e números de catálogo de seus itens consumíveis, para que eles possam ser facilmente reabastecidos quando acabarem. Isso será muito útil quando se trata de redigir trabalhos, onde essas informações são quase sempre solicitadas. Em seguida, também acho útil ao usar buffers ou soluções de estoque caseiros ou comunitários para escrever instruções claras sobre como eles devem ser feitos e como e onde devem ser armazenados posteriormente. Isso é algo que as pessoas muitas vezes esquecem, e pode ser realmente irritante. Esse contratempo pode ser amplificado se você perder um ponto de dados importante ou tiver que refazer reagentes, configurar novas culturas de células ou remarcar o tempo em equipamentos compartilhados (por exemplo, citômetro de fluxo).

Designe um lugar para tudo

Certifique-se de que tudo em seu laboratório tenha um local específico. Designe locais de armazenamento específicos e claramente rotulados para cada reagente ou categoria de reagentes para garantir que os itens recém-entregues possam ser facilmente encontrados por todos os membros do laboratório. Converse com seus colegas de laboratório para determinar quais reagentes comumente usados

devem ser mantidos ao alcance do braço na bancada do laboratório e quais reagentes raramente usados podem ser armazenados. Você também pode reduzir a desordem criando um cronograma para examinar seus reagentes e remover reagentes vencidos e obsoletos do seu espaço de armazenamento.

Rotular tudo

Estabeleça um sistema de rotulagem consistente que todos os membros do laboratório usem para rotular alíquotas e soluções compartilhadas. Não se esqueça de também rotular prateleiras e armários, o que pode lembrar as pessoas de onde os itens pertencem e ajudar a manter as áreas de armazenamento organizadas. Certifique-se de criar etiquetas claras usando marcadores resistentes ao álcool.

Usar planilhas

Mantenha uma planilha de inventário de laboratório atualizada e certifique-se de que todos os membros do laboratório atualizem esta planilha ao receber novos itens. Uma planilha básica de inventário de laboratório contendo nomes de reagentes e informações de pedidos (ou seja, fornecedor, número de catálogo, preço etc.) pode ser criada usando o Microsoft Excel ou o Google Sheets. Números de lote e datas de validade podem ser incluídos para boas práticas de laboratório. Quando um determinado reagente estiver baixo, os membros do laboratório podem consultar esta folha de inventário para obter informações sobre pedidos.

Para laboratórios maiores, crie e mantenha uma planilha de pedidos onde os membros do laboratório possam adicionar itens e quantidades que precisam ser pedidos para uma determinada semana. Um membro designado, como o gerente do laboratório, pode solicitar esses itens em massa para todo o laboratório.

Alíquota de Reagentes de Estoque

Alíquota de reagentes de estoque (por exemplo, soro, tripsina, etc.) para garantir que você tenha suprimentos frescos e não contaminados. Seja ou não um reagente compartilhado, alíquotas pré-medidas são uma maneira eficaz de reduzir a chance de contaminação da fonte. A alíquota de reagentes de estoque em volumes menores também ajuda a preservar a estabilidade do reagente de

estoque, reduzindo o número de ciclos de congelamento-descongelamento de todo o estoque. Rotule os novos recipientes com o conteúdo, a data em que foi alíquota e a data de validade, se aplicável. Como bônus, se alguém de outro laboratório precisar emprestar um reagente, você pode dar a ele uma alíquota pré-preparada em vez de todo o recipiente de estoque.

Criar uma lista de verificação de partida

Sempre que alguém sair do laboratório, preencha uma "lista de verificação de saída" que inclua a revisão, organização, rotulagem ou descarte de reagentes armazenados. Esse processo minimizará o acúmulo de reagentes armazenados no laboratório e garantirá que os novos membros do laboratório tenham espaço para armazenar seus próprios suprimentos.

Você pode ser mais eficiente desperdiçando menos tempo procurando reagentes enterrados no almoxarifado, geladeira ou freezer. Outra forma de aumentar sua eficiência é adotando tecnologias mais eficientes para suas pesquisas.

Os protocolos de laboratório eficazes também cobrem a segurança!

Juntamente com o acima, você deve incluir informações importantes de segurança que podem ser relevantes para quaisquer soluções e produtos químicos. Qualquer detalhe que seja necessário para, por exemplo, usar e descartar com segurança quaisquer substâncias que você usará também deve ser incluído aqui. Você pode achar útil listar quaisquer referências a documentos ou outros protocolos que você tenha usado para ajudar qualquer pessoa que precise de mais detalhes sobre os antecedentes (mas esperamos que você mesmo os tenha fornecido).

O que devo incluir no protocolo principal?

Os protocolos detalhados são protocolos de laboratório eficazes

A coisa mais importante a considerar é que qualquer pessoa que execute seu protocolo pela primeira vez precisará de mais orientação do que você imagina. Para você, pode parecer óbvio que você precisa agitar sua amostra por um certo período de tempo, mas para outra pessoa pode simplesmente não ocorrer a eles. Lembre-se, detalhe, detalhe, detalhe! Se você estivesse fazendo uma boa

refeição, não esperaria ter que seguir uma receita longa que no final dizia simplesmente “assar”. Você gostaria de saber a temperatura e o tempo necessários e, portanto, um protocolo de laboratório é o mesmo. Então, por exemplo, em vez de dizer “gire amostras para baixo”, diga “gire a 12.000 xg por 10 minutos a 4°C”, muito mais útil!

Dica 1: Use códigos de cores, etiquetas e post-its para facilitar a localização dos protocolos e referências mais usados

Já aconteceu com todos nós. É o seu primeiro dia de volta ao laboratório depois de um feriado cheio de família, comida e viagens, e você não consegue se lembrar onde colocou seu protocolo de citometria de fluxo. Ou talvez você não consiga encontrar o guia de clonagem molecular que você tinha certeza que estava em um desses quatro fichários brancos. Trinta minutos depois, você está frustrado e não está mais perto de iniciar seus experimentos.

Organize-se agora! Comece juntando aquela pilha de cadernos de laboratório e fichário em sua mesa. Organize-os em ordem cronológica (ou por projeto, se for melhor para você) e coloque-os em uma prateleira de fácil acesso. Certifique-se de que todos os cadernos estejam visivelmente rotulados na lombada. Para fichários de protocolos e dados, considere o uso de fichários e guias codificados por cores (para diferentes experimentos ou projetos) para tornar mais fácil saber por onde começar sua pesquisa.

Em seguida, identifique as páginas usadas com mais frequência em seus cadernos e enlouqueça com notas e etiquetas adesivas. Codifique seus Post-its com cores e escreva breves descrições em cada um. Coloque as notas na parte superior dos cadernos, para que você possa identificar facilmente as cores e o texto.

Dica 2: use listas de tarefas eletrônicas para acessar suas tarefas em qualquer lugar

Nunca mais perca um prazo. Organize seus experimentos, acompanhe os próximos prazos de concessão e sincronize tudo com seu calendário. Abandone a lista de tarefas do papel e vá para uma que se mova com você. Use softwares

como Evernote⁴, Springpad⁵ ou Google Tasks⁶ para criar listas de suas próximas tarefas, definir prazos e organizar lembretes automáticos por e-mail. Esses programas podem ser sincronizados com seu calendário online e podem ser acessados de seu computador ou smartphone.

Evernote e Springpad também permitem que você crie notas diretamente de recortes de páginas da web, fotografias e anexos de arquivos. Organize suas notas em blocos de anotações, crie listas de verificação vinculadas a outras notas e use a barra de pesquisa para encontrar rapidamente o que está procurando.

Dica 3: Compartilhe protocolos e planilhas com membros do laboratório

Agora que você organizou seus protocolos, não seria ótimo se você pudesse facilmente emprestar um para outro colega de laboratório? Embora os notebooks de laboratórios eletrônicos⁷ (ELNs)⁸ tenham ganhado força com as empresas farmacêuticas, os laboratórios acadêmicos têm sido mais lentos para se adaptar, provavelmente devido ao investimento de tempo e recursos necessários para mudar o status quo. Mas com as recentes melhorias no ELN e no software de gerenciamento de laboratório online, há muitas maneiras gratuitas e fáceis de compartilhar seus documentos com seus colegas.

Comece pequeno, identificando os protocolos, guias ou referências que seus colegas de laboratório pedem emprestado com mais frequência. Copie-os para uma ferramenta de compartilhamento de arquivos eletrônicos, como Google Drive ou Dropbox, e archive-os em uma pasta que você planeja compartilhar. Os programas permitirão que você escolha quem deve ter acesso a essa pasta e envie links por e-mail para acessar facilmente os documentos.

Essas ferramentas não apenas permitem que os usuários acessem documentos de qualquer lugar, mas também permitem controlar quem pode editar os documentos e rastrear o histórico de revisões. Agora você poderá fazer

⁴ <http://evernote.com/>

⁵ <https://springpad.com/about>

⁶ <https://mail.google.com/mail/help/tasks/>

⁷ https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_electronic_laboratory_notebook_software_packages

⁸ <https://bitesizebio.com/5189/how-to-manage-scientific-data-electronic-lab-notebooks-compared-with-google-docs-and-wikis/>

atualizações nos protocolos em tempo real. Você também pode considerar mover suas planilhas de papel para locais de armazenamento de reagentes, como a lista usada para organizar seu freezer criogênico. Não há mais problemas para decifrar a caligrafia ou tentar encontrar para onde o fichário foi movido. Você ficará tranquilo sabendo que as informações são armazenadas em backup e o rastreamento de edição o ajudará a identificar quando outras pessoas adicionaram ou removeram amostras.

Quebre paredes de texto com pontos numerados

Outra consideração importante é garantir que seu texto seja fácil de seguir. Prefiro pontos-chave curtos e numerados em vez de uma parede de texto de aparência intimidadora. Isso torna seus protocolos muito mais fáceis de ler e seguir. Outra coisa para prestar atenção é a ordem dos seus pontos. Por exemplo, você pode querer dizer no início do protocolo se um bloco de calor precisa ser predefinido para uma determinada temperatura, para garantir que não haja atrasos posteriores, o que pode ser prejudicial para suas preciosas amostras.

Torne-o pessoal com dicas e truques

Talvez a maior chave para um protocolo de laboratório eficaz seja mostrar sua experiência com o método. Isso vem das pequenas dicas ou técnicas que você conhece, mas que alguém realizando o experimento pela primeira vez pode não saber. Um exemplo específico: ao girar amostras onde você espera pellets pequenos ou pouco visíveis, que não devem ser removidos acidentalmente, é uma boa ideia colocar todos os tubos na centrífuga na mesma orientação. Dessa forma, você pode usar amostras onde encontrar pellets para mostrar onde eles provavelmente estarão nas amostras onde são mais difíceis de ver a olho nu, tornando muito mais fácil evitar perturbá-los acidentalmente nas próximas etapas - um processo altamente frustrante e demorado. possibilidade de consumo que poderia ser facilmente evitada. Também é útil deixar espaço em seu protocolo para adicionar essas pequenas dicas à medida que você as encontrar, para beneficiar futuros usuários.

Onde devo guardar meus protocolos?

O último passo é pensar onde melhor armazenar seus protocolos. Escrito em seu livro de laboratório é muito bom, mas e se esse livro for perdido ou danificado? Você não quer que essa sabedoria seja perdida também! Acho que manter uma cópia em um sistema em nuvem fácil de acessar e compartilhar com outras pessoas é um bom ponto de partida. Também mantemos cópias impressas no laboratório para referência rápida para quem precisar. Mas, em geral, a melhor opção é ter cópias em vários lugares, como em qualquer arquivo, para que, em caso de perda, haja sempre um backup para preencher a lacuna. Outra ótima opção é armazená-los usando um dos sites que mencionei anteriormente, isso significa que você pode compartilhar seus protocolos com qualquer pessoa e, ao permitir que outras pessoas os experimentem, há todas as chances de refiná-los ainda mais.

4. Obtenha todos os reagentes necessários com antecedência e certifique-se de que estejam em boas condições.

Faça uma lista de peças, materiais e ferramentas necessárias para o seu experimento. Você não quer estar no meio de seu experimento quando de repente ficar sem reagente X. Certifique-se de ter tudo preparado com antecedência e, como na culinária, fresco é melhor. Não se arrisque com reagentes antigos ou vencidos. Você pode até mesmo estabelecer uma rota de estoque com seus colegas de laboratório para que você nunca fique sem um reagente importante. Veja nosso guia prático para reagentes comuns aqui.

Você também precisa garantir que seu equipamento esteja limpo e em boas condições de funcionamento antes de cada experimento; um pouco de sujeira em seu aparelho pode diminuir as chances de experimentos bem-sucedidos imediatamente!

5. Prepare um cronograma

Tente estimar realisticamente quanto tempo cada procedimento levará e, se não tiver certeza, dobre o tempo que você acha que levará. Não tente acumular muito em um dia – é mais provável que você cometa erros quando estiver com pressa. Quando você estiver executando seu experimento, certifique-se de dar a ele todo o foco. Por que

não conferir nosso podcast sobre por que a multitarefa pode não estar realmente melhorando sua eficiência.

6. Faça o experimento

Prepare tudo o que puder com antecedência e comece CEDO. Certifique-se de que reservou o equipamento necessário com antecedência e evite interrupções. O protocolo que você escreveu na Etapa 3 deve tornar essa etapa muito mais fácil! Se várias pessoas estiverem envolvidas no experimento, certifique-se de que todos saibam seu papel com antecedência.

7. Grave tudo

Anote quaisquer desvios do protocolo e quaisquer dificuldades que você experimentou durante a realização do experimento. Isso ajudará você a entender melhor os dados e solucionar problemas do experimento, se necessário. Você também deseja que outra pessoa possa replicar seus procedimentos, portanto, inclua todas as informações.

8. Analise os Resultados

Esperamos que o experimento tenha saído como você esperava e os dados o levarão à próxima etapa do projeto. Se não, não é o fim do mundo! Volte para suas anotações e descubra onde o experimento pode ter falhado. Converse com pessoas que têm experiência com a técnica para ajudá-lo a solucionar problemas e não tenha medo de pedir conselhos! Se as coisas sempre funcionassem na primeira vez, eles não chamariam isso de “pesquisa”.

Antes do Experimento

A: Leia todos os materiais online disponíveis e notas encontradas no procedimento e nos recursos do curso.

B: Releia todo o experimento

Você pode não entender tudo, mas faça o possível para concluir a tarefa on-line (palavras e perguntas do vocabulário). Você precisa entender o objetivo básico e os conceitos do laboratório que vai fazer.

Lista de Verificação do Procedimento Experimental⁹

O que faz um bom procedimento experimental?	Para um bom procedimento experimental, você deve responder "sim" a todas as perguntas
Você incluiu uma descrição e tamanho para todos os grupos experimentais e de controle?	Sim / Não
Você incluiu uma lista passo a passo de todos os procedimentos?	Sim / Não
Você descreveu como mudar a variável independente e como medir essa mudança?	Sim / Não
Você explicou como medir a mudança resultante na variável ou variáveis dependentes?	Sim / Não
Você explicou como as variáveis controladas serão mantidas em um valor constante?	Sim / Não
Você especificou quantas vezes pretende repetir o experimento (deve ser pelo menos três vezes) e esse número de repetições é suficiente para fornecer dados confiáveis?	Sim / Não
O teste final: outro indivíduo pode duplicar o experimento com base no procedimento experimental que você escreveu?	Sim / Não
Se você estiver fazendo um projeto de engenharia ou programação, já concluiu vários projetos preliminares?	Sim / Não

⁹ <https://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/science-fair/writing-experimental-procedures>

Durante o experimento

1. Configurando o laboratório:

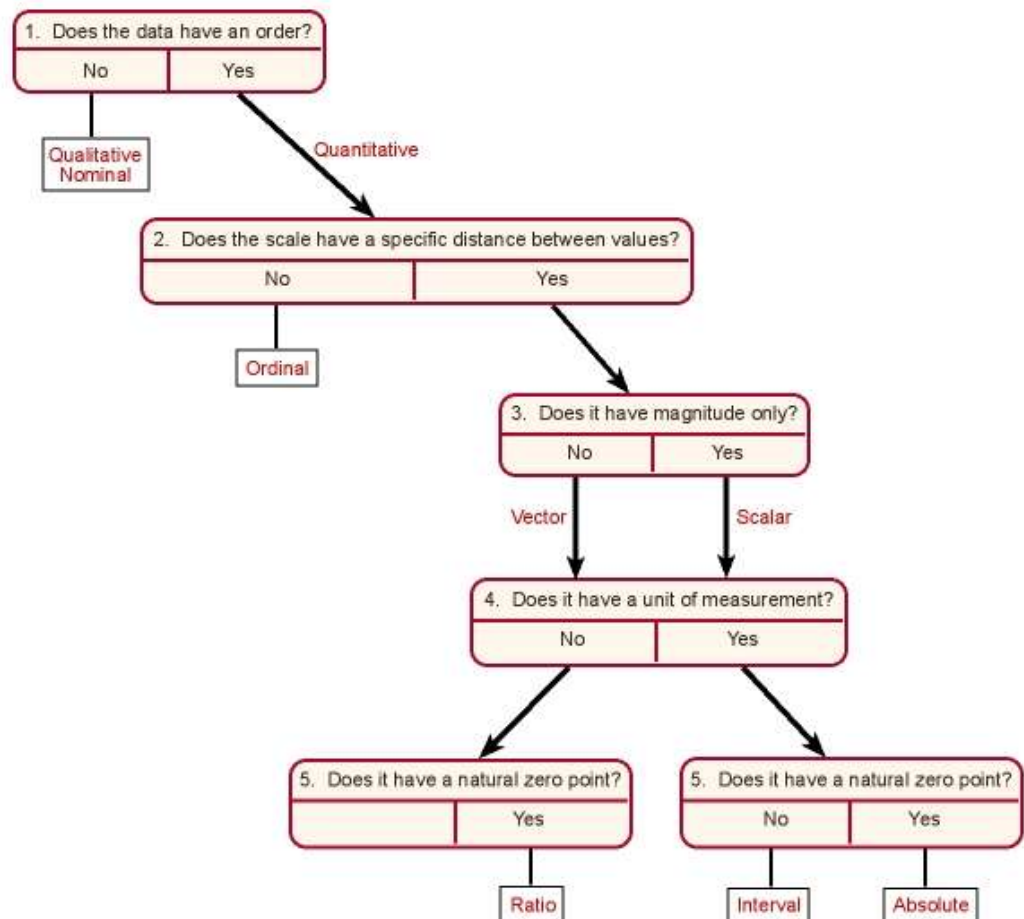
Antes de iniciar o laboratório, revise os objetivos e procedimentos que você seguirá.

- Faça anotações ao configurar seu experimento e calibrar instrumentos para ajudá-lo a documentar seu protocolo experimental para que você possa usá-lo posteriormente ao escrever a seção Métodos de seu relatório de laboratório.
- Em uma folha de papel ou em seu manual de laboratório ou em um caderno de laboratório formal, liste os materiais de laboratório que você usará e descreva a configuração para este experimento.
- Faça anotações sobre as fontes potenciais de incerteza para que você possa consultá-las quando estiver escrevendo a seção de Discussão de seu relatório de laboratório. Você pode querer ou ser obrigado a desenhar e etiquetar o (s) instrumento (s) que usará.

2. Preparando-se para coletar dados:

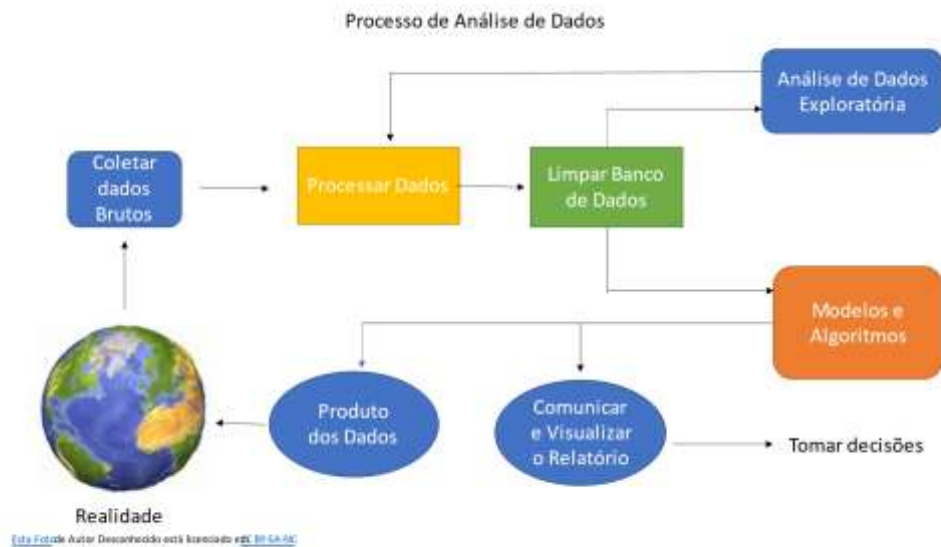
- Antes de começar a coletar dados, você precisa reconsiderar todo o ponto do procedimento de laboratório: determinar se a sua hipótese é ou não apoiada pelos dados do experimento.
- Revisitar sua hipótese e coletar informações sobre os dados que você coletará o ajudará a entender melhor seus dados à medida que os coleta. Também o ajudará a organizar seus dados em uma tabela ou planilha.
- Revise e reafirme a hipótese que você está testando e as variáveis envolvidas.
- Liste as variáveis do experimento, observando quais são independentes e quais são dependentes.
- Ao lado de cada variável, escreva as unidades de medida que você usará no laboratório. Anotar a unidade de medida de cada variável o ajudará a ter certeza de que está registrando os dados corretamente.

- Determine se você tem ou não grupos de controle e de tratamento neste experimento. Determinar se seu experimento usa ou não grupos de controle e tratamento ajudará você a estruturar seus dados para que possa ver mais claramente a relação entre esses dois grupos.



3. Preparar uma tabela ou planilha para registrar seus dados:

- Usando as informações que você reuniu sobre os dados que irá coletar, crie uma tabela de dados brutos ou configure uma planilha para inserir seus dados.



4. Conduzindo o experimento:

- Siga cuidadosamente o protocolo experimental.
- Ao conduzir seu experimento e registrar seus dados, faça anotações sobre o que está fazendo e sobre quaisquer alterações em seu procedimento.
- Além disso, descreva ou esboce em uma folha de papel suas observações à medida que você coleta dados durante o experimento (observações são coisas potencialmente significativas que não são refletidas nas medições: cor, cheiro, reações interessantes, comportamentos inesperados, etc.). você grava seus dados, toma nota de quaisquer tendências emergentes nos dados.
- Fazer boas anotações o ajudará a se lembrar do experimento mais tarde, quando você estiver escrevendo seu relatório de laboratório. Também é importante observar eventuais problemas com o procedimento ou desvios do protocolo estabelecido. Mesmo se você estiver seguindo o protocolo em um manual de laboratório, às vezes você configura e executa as coisas de maneira diferente.
- Ao registrar seus dados, você deve se fazer várias perguntas: Quais são as relações entre as variáveis? Os dados se comportam da maneira que você previu? Se não, porque não? Se os dados não fizerem sentido,

você pode precisar considerar as fontes de incerteza mais uma vez.
Fontes de incerteza podem afetar a exatidão e a precisão de seus dados experimentais.

Estruturar a Análise

Estruturar a Análise



5. Visualizando os dados:

- Agora que você inseriu seus dados em uma tabela ou planilha, está pronto para representar os dados no formato visual apropriado para seu relatório de laboratório. Representar seus dados em um formato visual permitirá que você identifique tendências e relacionamentos entre variáveis com mais facilidade. Siga esses passos:

- Estabeleça quais tipos de dados você possui, quantitativos ou qualitativos.
- Determine se os dados devem ser representados como uma tabela ou um gráfico.
- Se você decidir usar um gráfico para representar seus dados, determine qual tipo de gráfico é aquele que melhor representa seus dados.
- Se uma tabela for o melhor formato para representar seus dados, modifique a tabela que você usou para coletar seus dados para que seja rotulada e organizada de forma adequada.
- Lembre-se de que o objetivo de sua tabela ou gráfico é resumir suas descobertas para você e para os outros e revelar tendências em seus dados.

6. Entendendo seus dados:

- Revise todos os seus dados - tabelas, gráficos e desenhos - e tente entender as descobertas gerais do procedimento de laboratório. Resuma as descobertas gerais em uma ou duas frases.
- Resumir seus dados em uma ou duas frases ajuda você a entender o laboratório. Também é útil quando você escreve a seção Resultados do seu relatório de laboratório.
- Corroborar dados ou compartilhar descobertas é uma prática muito comum entre os cientistas, o que geralmente leva a mais ideias e experimentação. Por esse motivo, comparar seus resultados com os de outros alunos pode ser valioso como uma forma de testar suas descobertas. Tudo bem se suas descobertas forem diferentes. Seu trabalho é tentar descobrir o porquê, identificar as fontes da diferença. Você pode usar essas informações ao explicar suas descobertas na seção Discussão de seu relatório de laboratório.

Importante

- Certifique-se de registrar tudo. Isso pode incluir temperatura, pressão barométrica, hora do dia e outras variáveis que não parecem muito importantes no momento.

- É uma boa ideia fazer algumas análises de dados enquanto realiza o experimento para ter certeza de que os dados estão corretos. Isso o ajudará a encontrar erros no protocolo experimental e em outros lugares.
- Limpe o experimento após a terminação.

Quando coisas não dão certo¹⁰

O sucesso científico geralmente é definido pelo progresso de seus experimentos e pelos resultados que você produz. No entanto, a pesquisa científica é movida pela curiosidade sobre o desconhecido, e você nem sempre pode estar preparado para o desconhecido.

Inevitavelmente, chegará um momento em que seus experimentos falharam. Neste artigo, apresento algumas das melhores maneiras de lidar com experimentos fracassados e um lembrete de que “falhas” podem, na verdade, ter algum valor oculto.

Pausar e retroceder

Ao lidar com um experimento que falhou, uma das melhores coisas que você pode fazer é fazer uma pausa. Você pode ficar tentado a continuar repetindo o experimento, mas não faz sentido voltar para um experimento quando você não se deu tempo para avaliar a situação; fazer isso só vai desperdiçar tempo e amostras preciosas.

Você precisará de tempo para resolver os problemas de seu experimento. Isso pode ser desgastante tanto para o corpo quanto para a mente. Portanto, antes de tentar entender onde as coisas deram errado, considere recarregar seu corpo e limpar sua mente. Pegue uma xícara de café ou um sanduíche, relaxe e deixe seu córtex pré-frontal trabalhar silenciosamente para definir o próximo movimento.

Avaliando os fundamentos

Depois que o corpo e a mente estiverem recarregados, é hora de se concentrar em descobrir onde o experimento deu errado. Foi devido a uma técnica inadequada, equipamento defeituoso ou talvez um reagente expirado? A única maneira de saber com certeza é repetir o experimento enquanto se toma nota de cada componente.

Neste ponto, pode não doer ter um segundo par de olhos olhando por cima do seu ombro também. Pedir ajuda a um colega é uma boa maneira de obter uma nova perspectiva de um recurso imparcial.

¹⁰ <https://edu.rsc.org/feature/when-experiments-dont-go-to-plan/3010735.article>

É a técnica ou a pergunta?

Se o experimento está provando ser complicado e continua a falhar apesar de seus maiores esforços, talvez seja hora de uma nova abordagem. Você pode ficar muito estressado e duvidar de suas habilidades. No entanto, você deve encontrar consolo em saber que está realmente progredindo; o problema provavelmente não é técnico.

A lógica determina que, se você não está encontrando a resposta correta, talvez esteja fazendo a pergunta errada. É muito raro existir apenas uma hipótese para um determinado problema. Esta é, mais uma vez, uma oportunidade para você escolher a cabeça de seus colegas. Mesmo dentro do mesmo laboratório, a riqueza de conhecimento e experiência pode variar muito, permitindo que você economize horas de pesquisa subsequente com apenas alguns minutos de perguntas.

Deixe as falhas no laboratório

Quando tudo estiver dito e feito, ainda há momentos em que os problemas simplesmente não podem ser resolvidos, apesar do tempo, esforço e recursos. É quando um cientista precisa se concentrar menos em recuperar o experimento e mais em se recuperar. Os dias físicos chegarão ao fim, mas sempre há aquele lado mental que tem o péssimo hábito de seguir você até em casa. Idealmente, a melhor fuga é qualquer método que permita que você esqueça o problema quando chegar ao tapete de boas-vindas em casa. É mais fácil falar do que fazer, mas você deve sempre se lembrar de que seu experimento não é você, nem uma representação de você.

Afinal, somos apenas humanos¹¹

O objetivo da ciência é iluminar os cantos escuros do mundo e, embora os cientistas estejam na vanguarda dessa jornada, ainda somos humanos maravilhados com o desconhecido. Consequentemente, experimentos fracassados sempre surgirão nos piores momentos, e ninguém está imune. Portanto, devemos considerar nossas falhas coletivamente com nossos sucessos. Como os dois lados da mesma moeda, seu valor combinado apenas aumenta nosso conhecimento do desconhecido e não deve ser

¹¹ <https://www.mentalfloss.com/article/638827/experiments-gone-wrong>

considerado negativo. Afinal, não saberíamos quais caminhos são os melhores para o avanço se todos os caminhos não fossem aventurados.

Problema: nada vai de acordo com o planejado

Solução: Certifique-se de saber o que está acontecendo no campo e confesse.

Problema: Como você gerencia sua equipe de campo com eficácia?

Solução: implementa os padrões rígidos de que você precisa para realizar o trabalho - mas abra espaço para as práticas locais em sua estratégia de gerenciamento.

Problema: e se eventos externos distorcerem seu estudo?

Solução: Encontre outra pergunta que você possa responder com os resultados de sua pesquisa - e, da próxima vez, obtenha seu conjunto de dados mais rapidamente.

Problema: como você delega no campo?

Solução: Monitore de perto, avalie o trabalho e aceite que mudanças possam ocorrer.

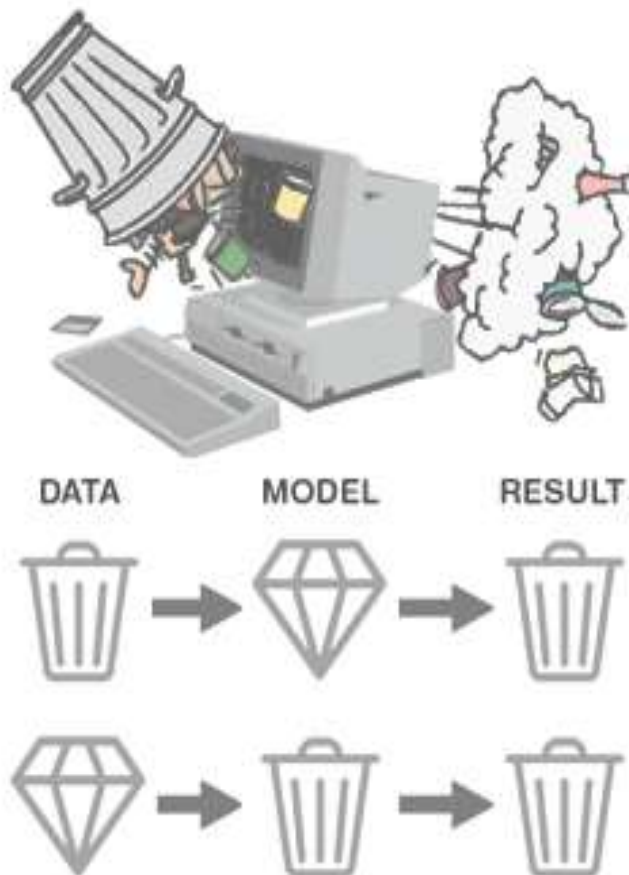
Erros Comuns

Erros podem ocorrer em muitos níveis e, às vezes, eles se devem à confiança inocente em métodos comuns ou especializados – até mesmo protocolos publicados – que não são ideais. O fracasso é como a pesquisa avança. No entanto, dificilmente aparece nas perspectivas teóricas sobre a ciência. Isso é um erro. Falhas, sejam claras ou ambíguas, são heurísticamente frutíferas por si mesmas. Pensar no fracasso questiona nossas medidas de sucesso, incluindo os fundamentos conceituais da prática atual, que só podem ser transitórios em um contexto experimental.

- i) Todos os experimentos devem começar com um protocolo bem planejado. Se o protocolo for iniciado pelo investigador, permutações de etapas devem ser incorporadas ao protocolo para determinar a abordagem metodológica ideal. Se o protocolo usado for um método revisado por pares, não há garantia de que funcionará para todos. É um erro supor que o protocolo funcionará perfeitamente na primeira vez que você o usar em sua pesquisa. A prática leva à perfeição, mas você também precisa considerar a possibilidade de que um protocolo publicado possa ter falhado

em fornecer advertências importantes (por exemplo, o método não funciona bem quando as células cultivadas estão na fase S de crescimento). Isso pode fazer com que os experimentos falhem ou produzam resultados inconsistentes.

- ii) Deixar de solucionar problemas ao pelo menos tentar obter conselhos de outras pessoas que usaram com sucesso um método também é um erro. Você pode reduzir o risco de falha dos protocolos entrando em contato com o investigador que publicou o protocolo.



- iii) Um terceiro erro de pesquisa diz respeito à necessidade de prestar muita atenção a todos os reagentes usados em um determinado experimento. As datas de validade dos reagentes precisam ser avaliadas antes de usar um determinado material em um experimento. Fabricantes respeitáveis pré-testam seus produtos em estudos de controle de qualidade para determinar a vida útil de seus produtos.

- iv) Um erro relacionado é o uso de reagentes que não foram armazenados adequadamente (por exemplo, refrigerados em vez de congelados). Isso é particularmente comum ao usar reagentes biológicos perecíveis.
- v) Outro erro de pesquisa que é absolutamente evitável diz respeito a como os experimentos são documentados. Os cadernos de laboratório devem conter informações detalhadas para que um experimento que funcione deve ser reproduzido de forma consistente. Tudo deve ser registrado. Isso inclui todos os materiais usados, nuances dos métodos aplicados, qualquer coisa que possa ter acontecido durante um experimento que não seja típico (por exemplo, uma breve falha de energia). Mesmo as chamadas coisas simples, como a água usada, podem afetar um experimento de uma forma ou de outra. Ser consistente!
- vi) Desconsiderar o “imperativo de consistência” é um grande erro. Se seus experimentos exigirem o uso de água destilada e deionizada, sempre use água destilada e deionizada.
- vii) Evite tomar atalhos. Se um período de incubação for de 30 minutos, seja paciente e espere que todo o período de incubação seja concluído antes de passar para a próxima etapa. Ao planejar um experimento, saiba qual será o seu investimento de tempo.
- viii) A falha na manutenção ideal do equipamento é outro erro que pode atormentar os investigadores mais experientes. A manutenção padrão é crítica, especialmente quando o equipamento é projetado para proteger os usuários de riscos ambientais (por exemplo, capelas de exaustão). A certificação do equipamento está em dia?
- ix) A falha em realizar a calibração do equipamento recomendada pelo fabricante é outro erro relacionado ao equipamento. Um problema pessoal é a falha em calibrar micropipetas usadas para medir volumes minúsculos de reagentes. Quando um protocolo exige um microlitro de um reagente e a micropipeta usada para alíquotar esse volume não foi calibrada adequadamente, pode ocorrer uma variação significativa na quantidade de reagente usado, resultando em uma variação significativa dos resultados de experimento para experimento.

- x) Finalmente, e talvez o mais importante, um conjunto de erros relacionados que ocorrem em ambientes de laboratório são causados pela falha em aderir às boas práticas de laboratório. Embora a maioria de nós seja um bom cidadão que tenta aderir e defender essas práticas, às vezes deixamos de cumprir o que nossos funcionários de segurança de laboratório nos dizem para fazer para nosso próprio bem. Esse é um grande erro – um que não podemos pagar se quisermos manter a nós mesmos e aos outros seguros em nossos ambientes de trabalho.

A lista de erros relacionados (os imperativos “nunca”) é longa e inclui:

- Nunca trazer qualquer alimento ou bebida para o laboratório e não comer, beber ou fumar lá.
- Nunca cheirar ou provar qualquer produto químico ou outras amostras de laboratório por qualquer motivo.
- Nunca trabalhe sozinho ou sem supervisão.
- Nunca trabalhe quando estiver exausto ou emocionalmente perturbado.
- Nunca deixe experimentos sendo executados sem supervisão no laboratório.
- Usar sapatos abertos.
- Mantendo o cabelo comprido solto.
- Apagando dados do seu notebook.
- Aparecendo tarde.
- Esquecer de rotular amostras ou materiais.
- Descarte incorreto de seus materiais.
- Vestindo shorts.

Trate o fracasso como um cientista

Quando um cientista realiza um experimento, há todos os tipos de resultados que podem acontecer. Alguns resultados são positivos e outros negativos, mas todos são pontos de dados. Cada resultado é um dado que pode levar a uma resposta.

E é exatamente assim que um cientista trata o fracasso: como outro ponto de dados. Isso é muito diferente de como a sociedade costuma falar sobre o fracasso. Para a maioria de nós, o fracasso parece uma indicação de quem somos como pessoa.

Falhar em um teste significa que você não é inteligente o suficiente. Não conseguir entrar em forma significa que você é indesejável. Falhar nos negócios significa que você não tem o que é preciso. Falhar na arte significa que você não é criativo. E assim por diante.

Mas para o cientista, um resultado negativo não é uma indicação de que ele é um mau cientista. Na verdade, é bem o contrário. Provar uma hipótese errada geralmente é tão útil quanto provar que está certa porque você aprendeu algo ao longo do caminho. Suas falhas são simplesmente pontos de dados que podem ajudá-lo a encontrar a resposta certa.

*O fracasso é o custo que você paga para estar certo*¹²

Nada disso quer dizer que você deve procurar cometer erros ou que falhar é divertido. Obviamente, você tentará fazer as coisas da maneira certa. E falhar em algo que é importante para você nunca é divertido. Mas o fracasso sempre fará parte do seu crescimento por uma simples razão...

Se você está focado em construir um novo hábito ou aprender uma nova habilidade ou dominar um ofício de qualquer tipo, então você está basicamente experimentando de uma maneira ou de outra. E se você fizer experimentos suficientes, às vezes obterá um resultado negativo.

Acontece com todo cientista e vai acontecer com você e comigo também.

Parafraseando Seth Godin: O fracasso é simplesmente um custo que você tem que pagar no caminho para estar certo.

Trate o fracasso como um cientista. Seus fracassos não são você. Seus sucessos não são você. Eles são simplesmente pontos de dados que ajudam a orientar o próximo experimento.

¹² <https://www.promegaconnections.com/the-fabulous-failed-experiment/>

Tentativa, erro e paciência

Com as coisas parecendo sombrias na frente experimental e sua sensação de pânico aumentando, este pode ser um bom momento para se lembrar de que a ciência tem tudo a ver com tentativa e erro. Você cometerá muitos erros e enfrentará muitas provas antes de descobrir até mesmo um vislumbre de verdade. Se toda a pesquisa prosseguisse sem problemas, os cientistas seriam capazes de pular as intermináveis rodadas de experimentação e ir direto da hipótese à publicação sem suar a camisa. A ciência progride aos trancos e barrancos e prossegue em seu próprio tempo doce.

Segue-se que, na ciência, a paciência é uma virtude importante. E por "paciência" não queremos dizer ficar sentado em um canto esperando que algo aconteça. Queremos dizer, antes, ter expectativas realistas e não forçar as coisas. Quando as coisas derem errado, não entre em pânico ou questione sua própria competência. Mantenha o foco e não tenha pressa. Cultive um bom senso de equilíbrio: mantenha o quadro geral em mente, mas tire satisfação dos pequenos sucessos.

O objetivo do seu laboratório pode ser encontrar uma cura para o câncer ou entender os mecanismos subjacentes de uma doença genética, mas esse objetivo não será alcançado da noite para o dia ou mesmo no próximo ano – e provavelmente não em 5 anos. A maioria dos grandes avanços ocorre após décadas de trabalho árduo e meticuloso. A satisfação científica vem desses pequenos passos importantes ao longo do caminho. Mantenha o foco, trabalhe duro e de forma inteligente e acredite que eles virão.

Outra coisa a lembrar é que a experiência é importante. Como iniciante, você cometerá erros que um cientista mais experiente não cometeria. Tenha coragem - você não será um novato para sempre. A prática, a experiência e a vontade de tentar e falhar alimentarão sua intuição e seu domínio técnico. Aqui está outro mantra favorito (este de Beckett): "Tente de novo. Falhe de novo. Falhe melhor."

Mesmo quando são verdadeiras, palavras como essas não podem impedir que revezes afetem sua confiança. Sua melhor arma é o esforço focado, metódico e paciente. Uma abordagem lógica para identificar problemas colocará os contratempos em

perspectiva, os transformará em experiências de aprendizado, os resolverá e aumentará sua confiança.

Agir: dicas para se recuperar

- Sentindo-se sobrecarregado? Triste? Frustrado? Nervoso? Pode ser tentador exagerar no álcool, comer seu peso corporal em sorvete ou assistir TV demais. Se você sentir a necessidade de chafurdar, vá em frente. Não há problema em desabafar por um dia ou dois. Mas chafurdar intencionalmente; o objetivo de chafurdar é deixar as coisas ruins para trás e seguir em frente. Você precisa de ajuda para fazer isso; converse com amigos, familiares e outras fontes de apoio moral. Procure pessoas que possam ajudá-lo a alcançar um senso de perspectiva.
- Depois de desabafar, identificar o revés e buscar apoio moral de amigos e familiares, é hora de voltar aos trilhos. Comprometa-se novamente a contornar o obstáculo que o está prendendo. Aqui oferecemos algumas dicas práticas:
- Se cuida. Você pode estar trabalhando ainda mais horas do que o normal no laboratório para se recuperar de seu revés. Você pode ter comido um pouco demais de sorvete. Mas correr para baixo física e mentalmente só fará você se sentir mais miserável e sem esperança. Refeições regulares, muito sono e muito exercício para reduzir o estresse ajudarão você a voltar aos trilhos.
- Use sua imaginação. Soluções criativas exigem pensamento não convencional. O que você tem feito não tem funcionado, então é hora de tomar outro rumo. Volte ao seu trabalho recente e pense cuidadosamente sobre cada uma das etapas. Onde as coisas deram errado? É algo que você pode consertar? Você consegue pensar em algumas abordagens alternativas que podem ajudá-lo a contornar o problema?
- Peça ajuda. Agora você precisa de pessoas mais do que nunca – não, neste momento, para apoio moral, mas para apoio científico. Converse com cientistas seniores do laboratório e com seu orientador sobre como se livrar. Eles podem sugerir algumas novas abordagens? Você precisa aprender uma nova habilidade ou técnica? Tem alguém que possa te ensinar? Se você não

conseguir encontrar as respostas de que precisa no laboratório, considere procurar fora – com a permissão do seu orientador, é claro. Em algum lugar, alguém está trabalhando em um problema semelhante. Eles podem ser capazes de te desprender.

- Seja paciente. Seus problemas não desaparecerão da noite para o dia, então seja gentil consigo mesmo. Aceite que levará tempo para voltar aos trilhos novamente. Desenvolva uma pele grossa. Seja forte. Ninguém disse que a pós-graduação seria fácil. Dê um passo de cada vez e lembre-se de que Roma não foi construída em um dia. Se as coisas não mudarem imediatamente, não se preocupe. Mantenha-se nisso.

Se o mal for pior: você deve parar todos juntos?

- E se você já tentou nossas sugestões e tentou novamente, e as coisas ainda não melhoraram? Talvez você fique acordado noite após noite e um único pensamento passe como um bumerangue em sua mente: "As coisas não estão dando certo. A pós-graduação não é o que eu pensei que seria. Eu realmente não quero ser um cientista, afinal de contas. . Talvez eu devesse desistir."
- Antes de fazer qualquer coisa precipitada, examine sua situação com muito cuidado. Seu projeto pode ter sido mal concebido e fadado ao fracasso. Ou talvez você simplesmente não tenha as habilidades ou treinamento para fazer as coisas funcionarem. Ambos os cenários ocorrem com muito mais frequência do que deveriam – e ambos podem ser resolvidos. Você pode aprender uma nova técnica. Você pode convencer seu consultor de que seu projeto é um fracasso e começar a trabalhar em algo novo. Querer desistir após um revés é uma resposta emocional comum e justificável (Qual é o ponto? É muito difícil, etc.). Na verdade, desistir é algo que você não deve fazer sem pensar muito e falar sobre isso com outras pessoas, incluindo seu conselheiro.
- A decisão de ficar ou ir dependerá de sua resiliência, seus objetivos e quanto você já investiu em seu doutorado. Se você está no primeiro ano e tem dúvidas sérias e persistentes, pode sair sem perder muito tempo. Se você está na metade do caminho, sua decisão é mais complexa. Você pode decidir que vale

a pena se esforçar, mesmo que não preveja uma carreira como cientista de bancada.

- A vida é fluida. Você começou a pós-graduação empolgado, ansioso para continuar sua pesquisa e sua carreira, mas agora não tem mais tanta certeza. Não são apenas algumas dúvidas vagando pela sua mente no final de mais um dia ruim; todos nós temos isso. Mas se esses pensamentos são persistentes e impossíveis de ignorar – se você simplesmente não consegue se recuperar de um grande revés – considere desistir. Existem muitos tipos de trabalho que utilizarão suas habilidades.
- Contratempos acontecem no laboratório. Recuperar-se de um revés leva tempo, engenhosidade, coragem, paciência e – ocasionalmente – coragem para fazer uma grande mudança. Aprimore suas habilidades de enfrentamento ao primeiro sinal de problema. Você será muito mais sábio - ou pelo menos terá uma pele mais grossa - quando o próximo trecho rochoso da estrada ameaçar atrapalhar seu passo.