

# Princípios básicos de experimentação

FREDERICO PIMENTEL GOMES

E. S. A. "Luiz de Queiroz — Universidade de S. Paulo  
(Palestra proferida no Instituto Zimotécnico, em  
15 de fevereiro de 1955)

A experimentação moderna, em todo e qualquer ramo de ciência, deve obedecer a alguns princípios gerais, que têm fundamento lógico e matemático e que são essenciais à sua validade. O primeiro desses princípios é o da *repetição*. Se tivermos duas linhagens de levedura, A e B, e com elas obtivermos duas fermentações alcoólicas em condições análogas, o fato de a linhagem A ter apresentado rendimento superior ao de B pouco significa, pois muitas explicações, além da diferença de linhagens, poderiam justificar o resultado obtido. Por exemplo, o mosto fornecido à linhagem A poderia, apesar de todos os cuidados do experimentador, apresentar teor em vitaminas ligeiramente superior ao do que foi usado para a linhagem B. Aliás, sabe-se que toda determinação experimental está sujeita a variações de acaso, designadas pelo termo genérico de *erro*. É preciso estimar esse erro, o que não é possível se tivermos só fermentação para cada linhagem. Mas se fizermos duas ou mais fermentações para cada caso e se os mostos forem distribuídos ao acaso pelas linhagens, será possível estimar o erro experimental e será possível aplicar ao experimento a teoria das probabilidades. Se a linhagem A ainda for melhor do que B, poderá ainda acontecer que isto se tenha dado por simples acaso e não por causa de uma superioridade inerente à linhagem A, mas poderemos dizer, por exemplo, que a probabilidade de esta seja a explicação do resultado obtido é inferior a 5%, isto é, temos uma probabilidade superior a 95% de que a linhagem A seja realmente superior à linhagem B.

Incidentalmente, a exigência da distribuição dos mostos ao acaso pelas linhagens deriva do *princípio de casualização*, uma segunda norma básica da experimentação.

Só com êsses dois princípios, o da repetição e o da casualização, já podemos obter experimentos dos quais se possam tirar conclusões válidas. Por mais heterogêneo que seja o campo experimental, por menos homogêneos que sejam os mostos utilizados, um resultado significativo de um experimento casualizado com repetições deve ser acatado. Mas um resultado não-significativo absolutamente não indica que sejam equivalentes as linhagens A e B. Indica apenas que não temos motivos para afirmar que A e B sejam diferentes. Um experimento com maior numero de repetições teria maior precisão e poderia talvez permitir assegurar que as linhagens não são equivalentes.

Em vez de aumentar o número de repetições, poderemos, porém, lançar mão de outros meios, geralmente mais convenientes, para melhorar a precisão do experimento. Um dêles consistiria em tornar mais homogêneos os mostos utilizados, ou, no caso de um experimento de campo, em escolher uma área bem uniforme para o trabalho experimental. E' mais fácil, porém, em geral, reunir as parcelas em blocos, cada um dos quais deverá ser bem homogêneo, não importando muito se há ou não diferenças de um bloco para outro.

Por exemplo, se um experimentador deseja estudar quatro linhagens de levedura e quer fazer cinco repetições, precisará realizar vinte fermentações. Se puder levar a cabo todo êsse trabalho de uma só vez, não precisará introduzir blocos. Mas, em geral, por falta de material ou de mão de obra, isso não será possível. Poderá, então, considerar blocos, cada um com quatro fermentações, uma de cada uma das linhagens em estudo. No primeiro dia, levará a cabo as fermentações do primeiro bloco. Dias depois, poderá realizar as do segundo bloco, e assim por diante, até terminar o trabalho. A introdução dos blocos, e assim por diante, até terminar o trabalho. A introdução dos blocos, que é uma forma de aplicação do *princípio do controle local*, permite obter um experimento bem preciso sem que todo o material seja homogêneo.

A progressiva aplicação dêsse princípio conduziu os cientistas a delineaamentos experimentais cada vez mais comple-

xos, como os quadrados latinos, os blocos incompletos equilibrados, os reticulados ("lattices") quadrados e cúbicos, as parcelas subdivididas ("split plot"), os blocos incompletos parcialmente equilibrados, etc. Mas, à medida que se complicam os delineamentos, aumentam as dificuldades da análise estatística e também aumentam os perigos de que seja profundamente prejudicado o experimento se surgirem dificuldades na sua realização, como a perda de parcelas, de blocos e de tratamentos. Por isso há hoje uma tendência salutar de evitar quanto possível os experimentos demasiadamente complexos, muitos dos quais resultam apenas do entusiasmo excessivo do experimentador pelos delineamentos mais complicados ou da intenção desaconselhável de tentar resolver de uma só vez, num só experimento, todos os problemas, relativos ao assunto, que se possam apresentar. Mas convém não esquecer, por outro lado, que uma simplificação exagerada dos experimentos e dos delineamentos pode levar-nos à obtenção de dados de pouco interesse prático. Por exemplo, ao tentar determinar a melhor adubação para um certo solo, será um erro fazer um experimento só com nitrogênio, outro só com fósforo e terceiro unicamente com potássio, pois, como se sabe, um solo em que falte fósforo e potássio, por exemplo, só reagirá se receber êsses dois elementos simultaneamente. Por isso são aconselháveis, frequentemente, os experimentos fatorais, em que diversos fatores são concomitantemente estudados num só experimento. Infelizmente, porém, os experimentos fatoriais nos levam rapidamente ao uso de um número exagerado de tratamentos, o que, por sua vez, nos obriga, no caso de experimentos de campo, a usar delineamentos cada vez mais complicados. Mas, tal não é o caso, em geral, em experimentos de laboratório, onde as causas de variação são mais facilmente controladas.

Queremos dizer ainda que quase nunca deverá o experimentador contentar-se com um só experimento. Se êle deseja poder aconselhar, com conhecimento de causa, fórmulas de adubação de cana para o Estado de S. Paulo, deverá contar com experimentos em toda a área canavieira do Estado, em todos os

seus tipos de solo mais importantes e em vários anos agrícolas. Será preferível contar com algumas dezenas de experimentos simples em tôda a região paulista produtora de cana, a ter apenas um ou dois experimentos complexos, modelares, num só local. E esta é uma limitação importante de tôda a experimentação até hoje realizada pela nossa Escola, quase tôda ela levada a cabo nos seus próprios campos de cultura. Felizmente, porém, nos experimentos de pesquisa estritamente científica essa limitação é quase sempre de pouca importância, e o mesmo acontece na maioria dos experimentos de laboratório, tais como os que são realizados pelo Instituto Zimotécnico.

Antes de terminar, não será demais insistir nas seguintes recomendações gerais, cuja observância contribuirá para o bom êxito de um experimento :

- 1) O experimentador deve conhecer bem o material com que vai trabalhar;
- 2) Deve fixar claramente os objetivos do experimento;
- 3) Deve estabelecer detalhadamente o plano a seguir, inclusive no que se refere à análise estatística;
- 4) Se julgar necessário o auxílio de um estatístico, êste deve ser consultado *antes* de se iniciar o trabalho experimental;
- 5) O pessoal subalterno utilizado deve ser de tôda confiança;
- 6) O experimentador deve acompanhar pessoalmente, quanto possível, o trabalho experimental.

Seguindo estas recomendações e aplicando os princípios da repetição, da casualização e do contrôle local, obter-se-ão experimentos eficientes, estatisticamente analisáveis e que permitam obter conclusões válidas sôbre os problemas em estudo.