

Experiência de ungrading no ensino remoto de controle automático

Felipe Pait

Universidade de São Paulo, Brasil; pait@usp.br

Resumo

Esse artigo apresenta a experiência do autor com “ungrading” em matérias de controle automático na Escola Politécnica da Universidade de S Paulo, e também em matérias ministrados na Northeastern University, Boston, Massachusetts, ressaltando os aspectos relevantes para o desafio das aulas remotas dentro do contexto da pandemia. Nosso objetivo é argumentar que muitos dos problemas trazidos pela ênfase excessiva em provas, notas, e avaliações supostamente objetivas são potencializados pelas dificuldades do ensino online, e reversamente que as práticas de “ungrading” são particularmente efetivas em minimizar os prejuízos nessa situação.

Palavras-chave: controle automático; instrução remota; ungrading.

Abstract

We present our experience with ungrading in courses in automatic control taught at Escola Politécnica da Universidade de S Paulo, and also at Northeastern University, Boston, Massachusetts, emphasizing aspects relevant to the challenge of remote teaching during the pandemic. The goal of the article is to argue that many of the problems caused by teaching focused on exams, grades, and supposedly objective evaluations are aggravated by the complications of online instruction, and conversely that ungrading practices are particularly effective in minimizing the learning losses in this situation.

Keywords: automatic control education; remote instruction; ungrading.

1. Ungrading: introdução, contexto e proposta

O movimento que leva o nome “ungrading” nos Estados Unidos da América reúne professores de todos os níveis de ensino, inclusive universitário, e tem como objetivo reduzir a ênfase da atribuição de notas pelo professor no ensino em geral. Vamos utilizar o termo em inglês, enquanto não convergirmos para um termo justo e adequado em português para traduzir ungrading.

A história, metodologia, e princípios do movimento são apresentados no livro recente “Ungrading: Why Rating Students Undermines Learning (and What to Do Instead)”, editado por Susan D. Blum, com prefácio de Alfie Kohn, West Virginia University Press, 2020. Além dos fundamentos do movimento ungrading, o livro traz estudos de caso e reflexões sobre o papel do movimento na educação, e seus reflexos para professores e para alunos. Vale ressaltar que esse livro foi publicado logo no início da pandemia, e descreve experiências dos últimos 5 a 10 anos. O movimento ungrading começa a se organizar informalmente através de redes sociais na 2ª metade da década de 2010, consolidando propostas anteriores.

Um marco importante é o livro “Wad-Ja-Get? The Grading Game in American Education”, de Howard Kirschenbaum, Rodney Napier, and Sidney B. Simon; With a new introduction by Professor Barry Fishman, Michigan Publishing, 2021. Trata-se da “50th Anniversary Edition” de um livro originalmente publicado em 1971. O autor do presente artigo, sem fazer parte da referida comunidade, emprega técnicas semelhantes às descritas no livro Ungrading desde o século 20.

O presente artigo apresenta estudos de caso sobre o ungrading na Universidade de S Paulo, em cursos ministrados pelo autor, que abrangem a gama de disciplinas na área de controle automático: matéria introdutória de caráter motivacional voltada para estudantes do ciclo básico, disciplinas fundacionais em controle tanto de caráter expositivo como experimental, disciplinas eletivas avançadas, e matérias de pós-graduação. Também descreveremos o uso da metodologia na Northeastern University, em Boston, Massachusetts, com o intuito de mostrar que os benefícios da experiência não estão amarrados a culturas acadêmicas específicas.

Após a **introdução** na seção 1, denominada “Ungrading: contexto e proposta”, a seção 2, “Considerações sobre a prática do ungrading” apresenta como **referencial teórico** algumas considerações a favor da prática de ungrading, sem a pretensão de se constituir numa resenha substancial da literatura; para tal recomendamos os livros supra-citados e suas referências. A seção 3, “Vou pior em

nota nas matérias que aprendi mais”, uma frase surgida em conversas com estudantes que ilustra a **metodologia**, argumenta que o ungrading é particularmente útil na situação de aulas remotas, na qual o processo tradicional de avaliação exibe suas desvantagens. A seção 4, “*Arte e ofício do ensino de controle*”, com os **resultados** de estudos de caso, fazendo referência à sua aplicação em 24 meses de aulas remotas. A seção 5, “*Origem histórica do sistema de notas*”, traz uma **digressão** e indagação sobre a evolução histórica de sistema de ensino no Brasil, e menciona brevemente a aparente ausência de suporte metodológico ou experimental para as práticas de avaliação convencionais por meio de provas corrigidas por comparação com gabaritos. A seção 6, sob o título “*Nas matérias onde menos aprendi tenho mais nota*” que completa a frase da seção 3, é a **conclusão** do artigo com perspectivas sobre o uso de ungrading.

2 Considerações sobre a prática do “ungrading”

O argumento principal feito pelo movimento ungrading, conforme a literatura mencionada na seção anterior e nas referências dos livros indicados, pode ser resumido da seguinte forma: a prática da avaliação por correção de provas é nociva ao aprendizado, porque as pressões psicológicas, práticas, e sociais induzem estudantes a trabalharem apenas com o objetivo de obter nota satisfatória, descuidando de aspectos mais importantes para sua formação. No presente artigo não temos a intenção de reconstruir toda a argumentação, para a qual nos referimos aos 2 livros já citados, mas gostaríamos de adicionar alguns pontos de vista.

Poderíamos dizer sobre o argumento a favor do ungrading que se trata de uma versão da conhecida Lei de Gresham na economia: o dinheiro ruim expulsa o dinheiro bom. Na versão econômica da Lei de Gresham, se um meio de pagamento oficial – o dinheiro ruim, digamos, a prata – tem no mercado um valor *menor*, em comparação com o dinheiro bom – digamos, o ouro – do que o que lhe atribui as autoridades monetárias, as pessoas preferem pagar em prata e entesourar o ouro. O dinheiro ruim circula, o dinheiro bom desaparece de circulação. Essa observação pode ser verificada experimentalmente e demonstrada pelos princípios econômicos.

Não temos a ambição de colocar o raciocínio no mesmo patamar de rigor, mas um fenômeno semelhante ocorre no ensino universitário. Metaforicamente, se a prata da prova está supervalorizada, os estudantes são estimulados a deixar de lado o ouro da compreensão - aqueles que não o fizerem, terminam o competitivo jogo dos créditos e aprovações em desvantagem com relação aos colegas mais pragmáticos.

Os estudantes dedicam mais tempo aos trabalhos “busywork”, entre nós às vezes chamados de “fainas”, embora os considerem enfadonhos, e postergam o estudo ou aprendizado mais aprofundado para quando houver tempo de sobra, ou seja, sine die. Embora seja custosa para a formação profissional e pessoal, não é uma escolha inteiramente irracional – deixar de executar as tarefas repetitivas implica em reprovação imediata. “O urgente vem antes do importante”, como diz o provérbio aprendido por todo praticante do antigo jogo asiático de Go (também chamado de Baduk ou Weiqi).

A construção de cursos calcados em provas está entre nós fortemente relacionada com a estrutura de grades rígidas e do assim-chamado “conteudismo”: a ideia que o ensino universitário se organiza pela transmissão de uma sequência de informações específicas para cada profissão regulamentada.

Podemos lançar mão de outra metáfora lúdica e dizer que nossos cursos superiores são concebidos como quebra-cabeças: partindo de uma pintura ou fotografia completa do conhecimento de uma profissão regulamentada, o quadro é dividido em pequenas partes. Essas peças devem cobrir o quadro completo, sem superposição. A tarefa do corpo docente é dividir o quadro; a do corpo discente é refazê-lo peça por peça. As provas são, desse ponto de vista, exigidas para verificar que o estudante completou aquela peça do puzzle e está apto para seguir o caminho disposto na sequência de pré-requisitos segundo a grade curricular.

Porém, nem o conhecimento humano nem a vida profissional e a cidadania são quadros finitos, muito menos estáticos. A cobertura completa é uma ilusão. E a compreensão vem de visões alternativas da mesma realidade, não da divisão do quadro em pecinhas sem superposição. Mais importante: quando resolvemos um quebra-cabeça, depois de encontrar o lugar de cada peça no seu entorno, podemos esquecer aquela parte já completada do quadro. É assim que os estudantes procedem a cada vez que terminam uma prova: por assim dizer, jogam a escada fora após haverem subido seus degraus. Não

deveria surpreender que no semestre seguinte ninguém mais se recorda dos conceitos cruciais para o encadeamento da formação – as provas exigiram a execução de procedimentos, que podem na melhor das hipóteses servir como indicador do estudo. Diz a conhecida Lei de Goodhart: quando um indicador torna-se um alvo, deixa de ser uma boa medida. Assim funcionam os exercícios de prova: quando se tornam a única medida do ensino, passam a ser o objetivo almejado por estudantes e professores, e deixam de aferir o aprendizado. Uma inevitabilidade agravada pelas aulas remotas, pelos motivos expostos na próxima seção.

Também queremos adicionar ao argumento o efeito da correção de provas sobre os docentes. Poucos colegas vão discordar que a atividade em sala de aula é recompensadora, em comparação com a tediosa correção de provas e exercícios. Esse tema é presente especialmente em conversas dos professores aos finais de semestres! Os professores sabem que os estudantes terão pouco estímulo ou oportunidade para usarem a correção das provas como feedback construtivo, e com base na correção se aperfeiçoarem no ramo de estudo. Na verdade nem isso – em geral os estudantes nem observam cuidadosamente as correções das provas que ficam arquivadas para alguma eventual contestação.

Na melhor das hipóteses os professores enxergam a correção como um mal necessário. Mas, será realmente necessário? Será que todo o tempo e esforço gasto em preparar, vigiar, e corrigir provas não poderia ser melhor empregado em atividades que contribuem mais efetivamente para o crescimento intelectual e profissional dos estudantes?

Só podemos responder essas questões com olhos para a prática e a experiência. É esse o sentido principal do presente artigo.

3 “Vou pior em nota nas matérias que aprendi mais”

Na prática das aulas remotas, a experiência de ungrading se revelou particularmente profícua, por motivos que incluem:

- Grande ênfase e peso nas notas de provas na avaliação em disciplinas na USP.
- Dificuldade de realizar a avaliação tradicional.
- Abundância de “cola” nos exames tradicionais no Brasil.

Julgo esses 3 fatos auto-evidentes, sendo desnecessária no momento uma fundamentação e avaliação quantitativa de sua validade. Seria instigante num estudo posterior tentar compreender as origens sociológicas desses elementos da prática e cultura do ensino de engenharia no Brasil, tanto usando reflexões e investigações novas como consultando a literatura especializada em pedagogia. Porém no momento vamos assumi-los como hipóteses, nos concentrando por ora em como a realidade das aulas remotas têm causado grandes complicações para o ensino com fulcro nas notas.

Em preparação para esse artigo, porém mais fundamentalmente para satisfazer curiosidade pessoal, o autor realizou enquetes anônimas e conversas informais com seus estudantes tentando entender a percepção deles com relação à exigências nas matérias que estavam cursando remotamente, e também quanto às estratégias adotadas para lidar com os desafios. As conversas foram totalmente informais, sem a pretensão de constituir uma investigação sociológica ou científica, porém acredito ser pertinente reportar percepções gerais.

Me parece haver um consenso de que o nível de exigência das matérias de engenharia na Politécnica não se alterou significativamente, porém houve aumento da exigência quantitativa. É comum ouvir frases como, parafraseando:

- “o número de atividades valendo nota aumentou consideravelmente”;
- “aumentaram as horas necessárias para resolver os exercícios”;
- “a quantidade de atividades exigidas cresceu”;
- “as provas ficaram mais longas e impossíveis de completar no tempo especificado”;
- “as aulas invertidas incluem dezenas de horas semanais de vídeos, adicionalmente às aulas online”; e similares.

Em resposta, os estudantes recorreram a expedientes como:

- “usar o tempo que normalmente seria empregado para ler a bibliografia recomendada dos cursos desenvolvendo atividades que valem nota”;
- “depender mais de slides para estudar do que de livros”;

- “recorrer a resumos e dicas de como resolver provas, ao invés de estudar a teoria das matérias”;
- “focar em exercícios de provas anteriores”;
- “repartir e dividir os trabalhos com colegas”; e assim por diante.

Nenhuma dessas tendências é completamente nova, da época da pandemia. Essas paráfrases acima me parecem completamente compatíveis com uma percepção também aparentemente generalizada do corpo docente, que também não pesquisei com rigor: de que os alunos têm cooperado mais, de maneiras kosher ou não. Julgo que uma avaliação a respeito de qual fenômeno seja causa e consequência – se o corpo docente aumentou a quantidade de exigências como resposta aos expedientes utilizados pelo corpo discente, ou se os estudantes dividiram e simplificaram as atividades para lidar com o aumento da quantidade de tarefas – seja pouco produtiva.

O #fato é que a qualidade da experiência de ensino e aprendizado sofre durante o período de aulas remotas. Essa perda de qualidade naturalmente se deve principalmente às condições adversas de forma geral, acima de nossa capacidade para reagir, que decerto são comentadas em outro artigo desse volume. É igualmente certo que a dependência nas provas e avaliações piora as condições de trabalho para professores e alunos além do que seria inevitável nas condições. O que podemos fazer? Na sequência examinaremos práticas alternativas.

4 Arte e ofício do ensino de controle

O conteúdo dessa seção são os estudos de caso, fazendo referência à aplicação de ungrading em 24 meses de aulas remotas, apresentados na sequência. No ensino forçadamente remoto, escantear as tradicionais provas e outras avaliações unidirecionais faz da cooperação entre estudantes uma aliada no processo de aprendizagem – não mais a inimiga que o professor tenta combater com os mais diversos e ineficazes expedientes. Essa seção faz uma descrição de práticas de ungrading em matérias incluindo: Engenharia e Arte do Controle Automático; Laboratório de Controle; Tópicos de Controle Avançado; Controle Não Linear; Laboratório de Projeto de Automação e Controle; e Introdução à Teoria de Sistemas Lineares, sendo essas matérias ministradas na USP; e também Introduction to Linear Algebra and Probability for Data Science; e Classical Control Systems, sendo essas matérias ministradas na Northeastern University, Boston, Massachusetts.

Engenho e Arte do Controle Automático é uma matéria introduzida recentemente pelo autor do presente artigo, cuja proposta é discutir assuntos ligados ao controle automático, sem exigência de conhecimentos prévios completos das ferramentas matemáticas e científicas necessárias para uma exposição rigorosa. A matéria não tem pré-requisitos, e objetiva oferecer a estudantes a partir do 1o ano a possibilidade de cursar uma disciplina eletiva sobre assuntos que de outra forma só seriam vistos ao final do curso. Desta forma ela serve o duplo propósito de abrir o leque de eletivas disponíveis, e de motivar os estudantes do 1o e 2o anos para os estudos muitas vezes percebidos áridos e frequentemente apresentados sem conexões claras na engenharia e nas aplicações.

A disciplina foi concebida como um seminário para grupos pequenos de estudantes, porém essa expectativa não se realizou devido à falta de eletivas disponíveis na Politécnica e na USP. Infelizmente a maioria das matérias em engenharia têm número grande de pré-requisitos, o que as tornam inacessíveis para estudantes fora da sequência da grade de especialização às quais elas pertencem. As matérias de fora da engenharia, por outro lado, apresentam muitas barreiras burocráticas que dificultam o acesso aos estudantes da Politécnica. O fato lamentável é que a bem vinda proposta de flexibilização da estrutura curricular discutida e aprovada no início dos anos 2010 esbarra nas burocracias acadêmicas, e na necessidade dos feudos de ensino justificarem sua existência restringindo as opções disponíveis aos estudantes. Assim sendo, em vez de uma dúzia de alunos dos semestres iniciais do curso, nos vimos induzidos a aceitar a matrícula de até 50 estudantes de todos os anos e áreas de estudo, que necessitam dos créditos para se formarem.

A avaliação da matéria é feita por trabalhos apresentados em aula. Devido à diversidade de anos e cursos dos alunos, os temas variam muito. Em geral têm relação com controle automático, otimização, e seus fundamentos científicos tais como álgebra linear e probabilidades, e muitas vezes são construídos a partir de grupos de extensão e iniciações científicas em áreas diversas. Outros são, no dizer dos estudantes, temas viajantes. Após as apresentações, os estudantes fazem suas auto-avaliações. Em geral

peço também para que a turma indique quais os trabalhos julgaram mais impactantes, e incluo essas indicações como nota extra. Considerando a diversidade de conteúdo dos trabalhos e da preparação dos estudantes, qualquer forma de correção de provas seria um total disparate. As auto-avaliações, em contraste, refletem bem o consenso do professor e dos colegas a respeito da qualidade dos trabalhos apresentados.

Laboratório de Controle é uma matéria obrigatória para todos os alunos de engenharia elétrica, oferecida simultaneamente com a disciplina de controle clássico no domínio da frequência. As aulas consistem em 10 experiências, divididas em um bloco sobre modelagem e identificação de um servomecanismo, controle de velocidade e posição, e técnicas de projeto de controladores para o servo. Ao contrário de alguns outros laboratórios, não há as contestáveis provas “teóricas” na disciplina Laboratório de Controle. Apenas o trabalho feito nas bancadas é avaliado, como cabe numa matéria experimental que se propõe a apoiar a compreensão dos assuntos tratados simultaneamente em aulas expositivas de matéria correlata.

(Aqui o autor se sente forçado a fazer uma digressão a respeito do termo “teórico”, muito empregado pelos estudantes na descrição de resultados experimentais. No laboratório que estamos discutindo, todos os modelos são obtidos experimentalmente, através de ensaios de resposta a degraus e frequencial. Não há teoria que forneça previsão do comportamento do sistema. O adjetivo “teórico” é usado invariavelmente para indicar a resposta que os estudantes supõem que o professor quer ver, e reflete a percepção do laboratório como uma matéria na qual os estudantes confirmam ao professor que compreenderam as previsões corretas que o professor detém e leciona.

Os estudantes chegaram até o 3o ano de engenharia elétrica produzindo relatórios nos quais reafirmam a correção do conhecimento fornecido pelos professores, e assim obtendo aprovação, mesmo que para isso tenha sido necessário empregar, por assim dizer, um certo poder de persuasão sobre os equipamentos experimentais. É um certo choque ser exposto à ideia de que a previsão “teórica” – que nem tem nada de teórica nem é uma imposição da autoridade do professor - pode estar em confronto com a realidade experimental. Acredito que essa digressão seja útil para reafirmar a ineficácia de uma matéria estruturada para permitir que o professor faça avaliação através de métodos mecanizáveis.)

Na minha experiência nenhum aluno nunca se beneficiou da correção de relatórios; ao contrário, a prática docente de buscar erros para descontar pontos é um convite à cola. É igualmente improdutivo corrigir uma prova experimental de acordo com um gabarito. Minha prática ao longo de décadas ministrando a disciplina consiste em pedir a cada estudante uma explicação sobre o trabalho experimental feito, e perguntar a nota que o trabalho merece. São raros os casos em que essa nota diverge em mais de meio ponto da nota que eu atribuiria. Mais comuns são as ocasiões nas quais algum estudante diz que não conseguiu fazer o suficiente para ser aprovado; nesse caso combinamos uma data para refazer o trabalho sob avaliação.

Durante a pandemia, os professores responsáveis pela matéria realizaram as experiências, filmaram, e disponibilizaram os dados obtidos. O trabalho dos alunos consistiu em assistir os vídeos e as instruções, executar as análises e projetos especificados, e simular os resultados utilizando os modelos obtidos – experimentalmente, conforme os vídeos, e obtidos pelos professores. Depois, no horário marcado para as aulas, os estudantes mostram os resultados do trabalho realizado. Nessa oportunidade o professor pode fazer perguntas, resolver dúvidas, introduzir conceitos que não ficaram claros, e corrigir entendimentos errôneos. A turma inteira pode assistir às apresentações, aprendendo uns com os erros e acertos dos demais. Ao final de cada um dos 3 blocos, minha prática consiste em perguntar a cada grupo qual a nota que atingiram naquele grupo de experiências. O entendimento a respeito do progresso obtido é tão claro que dificilmente se imaginam discrepâncias significativas. Os grupos que não conseguiram completar o trabalho de forma satisfatória sempre informam o fato, e recebem um prazo extra ou oportunidade adicional de corrigirem as deficiências.

De forma alguma posso dizer que o aprendizado nas aulas remotas, sem acesso ao laboratório, foi igual ao do curso normal. Porém, a completa impossibilidade de avaliar os estudantes usando provas e correção de relatórios fortalece a convicção de que o ungrading melhora o aproveitamento dos alunos.

Tópicos de Controle Avançado é uma disciplina eletiva com conteúdo variável oferecida para estudantes do último ano de engenharia elétrica na Escola Politécnica da USP, voltada para a ênfase em Automação & Controle. Um tópico recorrente na matéria são sistemas de controle adaptativo, em parte devido aos interesses do autor do presente artigo, em parte por causa das interações dos métodos de

controle adaptativo com diversos outros ramos da teoria de controle, mais talvez do que pelo interesse do controle adaptativo em aplicações. De fato, o controle adaptativo pode ser uma das melhores formas de motivar a unificação de métodos de projeto como os do controle clássico e o moderno. O controle no domínio do tempo oferece fórmulas fechadas que se prestam ao reprojeto automático a partir dos resultados da estimação de parâmetros, como exigido pelo Princípio da Equivalência à Certeza do controle adaptativo. Didaticamente, o caminho mais simples pode envolver simplesmente a alocação de pólos e a solução de equações polinomiais e identidades de Bézout.

Por outro lado, na maioria das apresentações elementares do controle no domínio do tempo a relevância dos zeros fica obscurecida. Isso induz à construção de uma literatura em modo memória- apenas-de-escrita envolvendo controladores de alto ganho e inversão de modelos de plantas, que não tem aplicação prática concebível devido a fenômenos que poderiam ser bem entendidos pela observação de um diagrama de Nyquist ou do Lugar Geométrico das Raízes. No controle adaptativo a importância dos zeros do domínio da frequência fica bem estabelecida, por meio do estudo de métodos como o controle por modelo de referência e de problemas como a perda de estabilizabilidade do modelo de projeto. Todas essas ideias podem ser discutidas de forma simples usando exemplos de sistemas lineares invariantes no tempo de 1ª ordem, o que torna o controle adaptativo bastante adequado para costurar tantos tópicos de controle mais convencionais: além do controle clássico e do multivariável, a identificação de sistemas, o controle ótimo e o robusto, as versões contínua e discreta, os processos estocásticos, o controle não-linear as funções de Lyapunov, e os métodos de otimização. Os sistemas adaptativos se prestam portanto a simulações de grande valor didático, ainda que sua aplicação prática continue restrita em comparação com outras técnicas como o controle preditivo por exemplo.

Agora voltamos ao tema do presente artigo: como avaliar o trabalho dos estudantes em um assunto como esse? Os exercícios e questões de prova frequentemente encontrados em livros texto podem até ser relevantes para estudos mais acadêmicos, voltados à pesquisa de caráter matemático, mas não interessam tanto para disciplinas menos especializadas. Daí caímos no fato de que controle adaptativo não é uma área de pesquisa muito promissora para doutorandos no momento, embora seja bastante útil pedagogicamente numa matéria avançada de graduação ou de mestrado, pelas razões expostas acima e também pela apresentação de conceitos de controle com ajuste automático direto dos parâmetros do controlador, e de controle indireto passando pelo ajuste dos parâmetros de um modelo identificado em tempo real seguido pelo reprojeto automático. São ideias que fazem todo o sentido no mundo das redes neurais, deep learning, aproximação funcional aplicada, e inteligência artificial de modo geral.

Todos esses aspectos ficariam perdidos numa matéria estruturada com o objetivo de possibilitar avaliação através de prova individual, como é usual no nosso ensino de engenharia. O caminho que utilizo é alternar exposições conceituais com trabalhos de simulação, realizados pelos estudantes em grupos fluidos, e discutidos e criticados em aula. Isso conduz naturalmente a redes de cooperação flexível envolvendo a turma inteira. Ao final da matéria, temos uma aula-prova na qual os alunos mostram seus trabalhos e indicam suas próprias notas, em geral na sequência começando com 10 e descendo até 5 ou 6. Nos raros casos em que algum aluno não considera que aprendeu o suficiente para aprovação é concedido um prazo extra. A vantagem desse método é que a turma indica quais estudantes fizeram esforços maiores para avançar no trabalho e ensinar seus colegas. Raramente as auto-avaliações se afastam muito da percepção do professor a respeito do aprendizado de cada aluno, que fica evidente pelas discussões e perguntas nas aulas interativas. O caso de desvios significativos em geral se correlacionam com personalidades culturalmente mais tímidas, que hesitam em se indicar para as notas mais altas que merecem. O feedback da turma inteira em geral ajuda a corrigir estas distorções, elevando as notas das pessoas mais hesitantes.

E será que há estudantes que fizeram menos que o mínimo necessário para obter aprovação, mas que empurram sua nota para cima? Vou deixar a discussão dos males desse comportamento para aqueles professores que, ingenuamente na opinião quase universal, acreditam que nunca aprovaram um aluno que passou colando.

Em anos recentes não tenho ministrado Tópicos de Controle Avançado, porque estamos cooperando com colegas de outros departamentos em um disciplina nova envolvendo ciência dos dados, e portanto a prática acima não foi realizada durante o período de aulas remotas. No ano de 2021 e também agora em 2022 ministro **Controle Não Linear**, que faz parte do conjunto de matérias da ênfase em Automação & Controle. Pode-se argumentar que controle não linear é o assunto mais denso em

conteúdo oferecido em toda a engenharia, ou além da engenharia – cada tópico relevante poderia ser objeto de uma matéria de pós-graduação, ou de toda uma carreira de pesquisa. Não existe uma teoria geral de controle não-linear, apenas uma tremenda variedade de técnicas de análise e projeto. Decidi incluir o assunto controle adaptativo, que não estava sendo de outra forma ministrado, de forma a aproximar controle não linear de outras matérias da ênfase em A&C, e contextualizar tópicos como análise de estabilidade pelos métodos de Lyapunov, gráficos no plano de fase, e existência e unicidade de soluções de equações diferenciais. Desta forma o controle adaptativo aparece como uma aplicação dos métodos estudados, mais do que uma teoria específica. Esta matéria está sendo oferecida presentemente e as avaliações ainda não foram realizadas.

Laboratório de Projeto de Automação e Controle é o trabalho de conclusão de curso, no qual mais de 30 projetos de formatura são desenvolvidos dentro do Laboratório de Automação & Controle, ou em cooperação com integrantes do LAC, envolvendo mais de 60 estudantes. São realizadas diversas apresentações de 20 minutos de cada trabalho para uma banca de 3 professores ao longo de cada um dos 2 semestres que os estudantes dedicam a essa matéria, culminando com uma apresentação final, festiva, na forma de “pitch” de 5 minutos. Todos os estudantes assistem essa apresentação final dos trabalhos dos colegas e são distribuídos prêmios simbólicos – livros adquiridos na festa do livro da USP para ser preciso – para os trabalhos que mais agradaram a banca e o público.

A nota de cada uma das 5 ou 6 apresentações anuais é a combinação da nota do orientador e da banca. Quanto aos alunos que oriento, julgo que a auto-avaliação é indispensável. A avaliação é sobre como os estudantes consideram que o trabalho andou segundo seus próprios critérios e expectativas, não o que a banca achou ou o que os formandos acham que a banca achou nem o que deveria ter achado. Auto-avaliação é uma parte importante do trabalho, servindo de guia para corrigir o rumo ou intensidade da dedicação, e adicionalmente economiza trabalho para o orientador. Na maioria dos casos atribuo como orientador a nota da auto-avaliação, embora às vezes a minha nota seja maior, ou (raramente) menor. O fato interessante a notar é que as notas da auto-avaliação coincidem com as notas da banca de professores com alta precisão (divergência de meio ponto, raramente superior, mais frequentemente para baixo).

Introdução à Teoria de Sistemas Lineares é a matéria fundamental de um curso de pós-graduação em engenharia elétrica, certamente nas especialidades de sistemas, controle, e comunicações, e talvez também nas demais áreas, com as possíveis exceções dos dispositivos semicondutores e da engenharia de software. Sistemas lineares combinam o cálculo diferencial e integral com a álgebra linear: são a linguagem na qual a teoria da engenharia elétrica é expressa, linguagem essa que é portanto indispensável para ler e escrever artigos científicos na área. Apesar disso, não parece ser uma matéria muito atraente para o corpo docente – no programa de pós graduação em engenharia elétrica da USP, há mais de 2 décadas apenas eu a ministro, de forma que a cobertura do assunto não é completa. Essa matéria é especialmente relevante para o presente artigo porque é uma das primeiras na qual abracei integralmente um procedimento de ungrading, ainda no século XX.

As turmas tendem a ser relativamente grandes e heterogêneas, uma vez que a matéria fornece uma base comum a pós-graduandos com formações heterogêneas e com interesses de pesquisa variados. Naturalmente estudantes que já possuem familiaridade com o assunto tendem a não cursar a disciplina. Sendo uma linguagem indispensável, o bom aproveitamento é de interesse de cada um dos pós-graduandos.

Coerente com isso, os trabalhos para a disciplina consistem em um conjunto de 5 listas, com aproximadamente 50 exercícios e problemas, envolvendo demonstrações, cálculos, simulações, e investigações em aberto. A maioria das questões são adaptadas de algum dos excelente livros-texto disponíveis, que adotamos para a disciplina, ou então provêm de perguntas feitas em aula – pelo professor ou pelos alunos - que requerem uma reflexão mais demorada. A cooperação entre os estudantes é permitida e incentivada – não existe engenharia individual ou sem consulta, o objetivo do aprendizado de uma linguagem comum é a troca de ideias entre pessoas com conhecimentos diferentes. As listas pouco mudam de ano para ano, pelo seguinte motivo: as dúvidas suscitadas pelas questões são semelhantes – com frequência uma grande fração da turma encontra obstáculos semelhantes nos problemas, e portanto discuto sua resolução em aulas. Os problemas me parecem portanto focar exatamente os pontos mais importantes para o aprendizado dos alunos.

Meu procedimento de avaliação é o seguinte: ao final do período letivo, tenho reuniões individuais com cada estudante, nas quais pergunto o que estudaram e aprenderam na matéria, e quais desafios enfrentaram. Alguns me mostram questões sobre as quais tiveram dúvidas ou que os levaram a estudos mais aprofundados em alguma direção não coberta em aula. Minhas perguntas numéricas são a respeito da porcentagem de aulas que cada um assistiu ou, em caso de ausência física, de alguma forma compensou; e qual o objetivo do estudante na matéria em termos de aproveitamento: a nota A, B, ou C. Havendo na turma muitos alunos que trabalham em tempo integral em empregos fora da universidade, ao final das aulas a maioria dos estudantes ainda não completou trabalhos suficientes para alcançar seus objetivos, de forma que lanço mão do prazo extra de 60 dias que o sistema de informações da USP nos concede para que cada um possa completar a fração de trabalhos a que se propôs. (O professor da USP que assim deseja tem grande autonomia para conduzir suas aulas da forma que achar mais produtiva, mas precisa sempre ter o cuidado de evitar conflitos interplanetários com as divindades olímpicas que regem os sistemas de informação da universidade como o Júpiter e o Marte. Este é também o motivo pelo qual não é viável dispensar completamente a atribuição de notas ao final do semestre!) Antes do final da extensão, os alunos me informam se conseguiram atingir sua nota-objetivo ou, mais raramente, se conformam com uma nota inferior. Havendo a possibilidade de extensão, raramente algum aluno que cursa a matéria deixa de alcançar a nota mínima C para a aprovação.

A matéria não foi ministrada em 2020. Não sou capaz de afirmar qual o efeito da falta de base em sistemas dinâmicos lineares sobre a formação dos pós-graduandos. Seriam inapropriado aqui comentar em mais detalhes os motivos pelo qual a matéria não foi oferecida, e que julgo pouco enaltecidos para a burocracia da pós-graduação em engenharia elétrica. Decerto uma das inconveniências para os ministrantes seria a correção de provas e listas convencionais com turmas heterogêneas, a outra sendo que a natureza do assunto, bastante “manjado”, não se presta para a confecção de papers com nível mínimo de contribuição original conforme recomendado pelas autoridades burocráticas. Porém uma coisa é certa: a metodologia de ungrading conforme praticada nessa matéria é perfeitamente compatível e especialmente recomendada para o regime emergencial de aulas online.

Tenho ministrado ocasionalmente na Northeastern University, em Boston, Massachusetts, durante visitas acadêmicas e sem vínculo empregatício, as matérias *Classical Control Systems* e *Introduction to Linear Algebra and Probability for Data Science*. Ambas são matérias ministradas num nível que poderíamos aproximar como sendo dos anos finais de um curso de 5 anos em engenharia elétrica no Brasil, ou nível introdutório de mestrado – lembrando que a graduação nos EUA dura 4 anos, sendo mais generalista, flexível, e interdisciplinar, e menos especializada que a graduação no Brasil; e que o mestrado é um curso de especialização ou profissionalizante com duração de 1 ou 2 anos adicionais, não uma preparação ou “roadblock” para o doutorado acadêmico como entre nós.

A matéria de controle é bastante familiar para nós professores de engenharia elétrica e em geral é cursada por alunos do último ano de engenharia elétrica, mecânica, ou outras, e por estudantes de algum programa de mestrado relacionado com controles. A matéria de probabilidade e álgebra linear faz parte de um programa de mestrado recente voltado para ciência dos dados, e é necessária – junto com uma boa base em programação - para acompanhar assuntos subsequentes como deep learning, aprendizado por reforço, e outras técnicas ligadas à classificação e regressão de dados. Em ambos os casos trata-se de linguagens indispensáveis para o prosseguimento dos estudos, e portanto meu procedimento de avaliação inclui os seguintes itens: lista de exercícios auto-atribuídas, de livre escolha nos livros texto de preferência individual; um projeto de modelagem desenvolvido ao longo do semestre; uma prova intermediária “midterm” com questões abertas, “open-ended”, quase que miniprojeto tocando nos diversos métodos de análise e projeto abordados nos cursos; e uma entrega final que consiste na elaboração e complementação da prova intermediária usando as técnicas mais elaboradas cobertas na parte final da matéria. Não há restrição à colaboração e consulta, nem limites de tempo ou prazos para entrega, exceto a data final que na Northeastern tende a ser ainda mais inflexível que na USP.

Emprego as mesmas práticas de auto-avaliação através de conversas individuais descritas acima. Uma inovação para o ano de 2022 foi uma reunião individual sobre expectativas e de feedback, ao fim da 1ª metade do período letivo, na qual cada estudante discutiu seu progresso no estudo, no projeto, e nos exercícios, e fez uma estimativa de seu objetivo realista de nota ao final do semestre. Dessa forma na maioria dos casos a reunião final de auto-avaliação consiste em grande parte na confirmação ou ajuste

do resultado esperado, além é claro da apresentação e discussão dos resultados completos dos trabalhos realizados.

Embora exista todo o movimento ungrading nos EUA, não me parece que o procedimento seja comum, e formalmente as notas fazem parte das matérias nas quais tenho me envolvido. Meu julgamento, tendo mantido contato com diversos estudantes após o término das aulas, é que os estudos se desenvolveram satisfatoriamente, de forma a facilitar o bom aproveitamento das matérias subsequentes e a evolução profissional. O objetivo dessa seção é menos dar detalhes sobre procedimentos específicos de que notar que a metodologia é perfeitamente aplicável em culturas acadêmicas diferentes – é relevante notar que em cada uma das matérias uma fração apreciável dos estudantes e dos auxiliares de ensino tiveram sua formação anterior no sul ou no leste da Ásia, ou na Ásia ocidental, além da América do Norte. De fato, a única complicação relacionada a diferenças culturais que se apresenta é justamente superestimar as diferenças culturais – quaisquer outros problemas culturais são apenas grosseria, com o perdão do termo.

5 Origem histórica do sistema de notas

Me parece apropriado fazer uma breve e infelizmente pouco erudita digressão sobre a origem histórica do sistema de notas no Brasil e no mundo. No folclore acadêmico as notas de 0 a 10 parecem provir de tempos imemoriais, da época em que os professores usavam a cifra PERNAMBUCO, também popular entre os alfarrabistas d’antanho, para manter em sigilo os resultados das sabatinas. Até o momento da redação desse artigo não fui capaz de localizar referência bibliográfica a respeito do momento no qual a presente escala de notas se estabelece no Brasil, ou outras de toda forma equivalentes como a escala entre 0 e 100.

No artigo “Making the grade: a history of the A–F marking scheme”, Jack Schneider e Ethan Hutt traçam a origem do sistema de notas praticados nos EUA ao professor e presidente (reitor) da Universidade Yale, no final dos anos 1700. Aparentemente ele e outros educadores imitavam o sistema de provas das universidades inglesas, particularmente o “tripos” de Cambridge, que começou no início daquele século, porém ainda não tinha um sistema de notas estabelecido. A prática de exames em si obviamente é muito mais antiga: a origem do sistema de exames imperiais na China, que selecionavam candidatos a vagas no burocracia estatal e “cobravam” o conhecimento do obra de Confúcio e outros clássicos, remonta à antiguidade clássica. Porém, não há conexão direta entre as classificações dos exames imperiais e as modernas notas escolares. E tais exames foram extintos no início dos anos 1900, justamente quando as notas começam a serem ritualizadas nas culturas acadêmicas de origem europeia.

Ao longo dos anos 1800 as notas vão se padronizando na América do Norte e na Europa, usando palavras-chave latinas como “optime, bene, pessime, male”; letras; escalas numéricas diversas; e finalmente nos EUA as escalas que vão de A a F. Os fãs de ficção científica apreciarão o fato de que a Universidade Oxford, onde estudou Aldous Huxley, classificava seus alunos usando as letras gregas alfa, beta, gamma, delta, e epsilon. Uma descrição mais aprofundada da evolução do sistema de notas nos EUA foi feita por Mary Lovett Smallwood, que examinou documentação primária de Harvard, William and Mary, Yale, Mount Holyoke, e Michigan.

As práticas de avaliação e atribuição de notas cruzam o Atlântico Norte em ambas as direções. Estudiosos da educação como Horace Mann, importante promotor do ensino público em Massachusetts, prestaram especial atenção aos métodos de ensino aperfeiçoados na Prússia, que envolviam a competição e a classificação dos estudantes. Porém o próprio Mann advertia, conforme citam Schneider e Hutt, que estudantes que focam intensamente em resultados de exames correm o risco moral de perderem a motivação assim que recebem as notas.

Ainda não consegui determinar o momento da chegada dessas escalas de notas ao Brasil. É certo que não vieram com Cabral ou Anchieta, nem provêm de práticas dos povos originários. Um estudo mais cuidadoso sobre o assunto pode ser instrutivo. Essa seção aparece aqui como proposta de pesquisa mais do que como relato de investigação realizada.

Também é apropriado indagar a respeito de artigos que demonstram, através de argumentação teóricos ou de estudos randomizados controlados, que o aproveitamento intelectual dos estudantes que cursam disciplinas na área de engenharia elétrica é melhor quando são aplicadas provas finais com correções de acordo com gabaritos. O total de artigos com essa argumentação identificados forma um conjunto vazio. Portanto, citações de tais artigos não aparecem na bibliografia. Nos volumes lá

indicados, há inúmeras referências aos problemas provocados por tais formas de avaliação. Até segunda ordem, na ausência de argumentos favoráveis às avaliações que infelizmente predominam em muitos cursos universitários, é razoável raciocinar que pelo princípio da precaução os métodos alternativos ao ungrading devem ser aplicados com grande cautela.

6 “Nas matérias onde menos aprendi tenho mais nota”

Muitos podem discordar da argumentação do movimento ungrading, ou enxergar pontos positivos na avaliação por provas e notas. Certamente a metodologia aqui descrita não é aplicável por todos os professores em todas as situações. Naturalmente não é o objetivo dessa contribuição criticar práticas didáticas bem sucedidas que incluem provas, notas, e outras formas de avaliação disseminadas em nosso meio acadêmico. Cabe a cada um decidir se é adequada em sua sala de aula. Porém é forçoso reconhecer que inúmeras aulas sofrem com o foco excessivo na avaliação. Nos casos em que essa prática tem resultados sofríveis, insistir numa metodologia que se mostra ineficaz é um exemplo da falácia dos custos afundados. Mantê-la com o argumento de que já se eternizou seria um reacionarismo pirrécio. O objetivo desse artigo é mostrar que o ungrading é uma possibilidade real em disciplinas da área de Automação & Controle e correlatas.

Tendo a metodologia sido empregada com crescente afinco ao longo de décadas, tanto em aulas presenciais como remotas, posso afirmar que ela é igualmente aplicável a ambas as situações. Com o contato pessoal cara a cara, sua utilização é mais natural. Por outro lado, na situação de aulas forçadamente remotas, a avaliação por provas traz prejuízos até maiores, que o ungrading se propõe a evitar.

Em suporte à argumentação, termino com uma frase de um estudante que autorizou a citação mas permanecerá aqui anônimo. Certamente muitos concordarão comigo que ela reflete a experiência de uma grande fração dos estudantes submetidos ao processo de avaliação dito tradicional: “Sinto que vou pior em nota nas matérias que aprendi mais, e naquelas onde menos aprendi tenho mais nota”.

Agradecimentos

O autor agradece a cada estudante das disciplinas citadas nesse artigo; aos colegas do Laboratório de Automação & Controle da USP e da Northeastern University pela oportunidade de ministrá-las; e a Don Knuth pelo software TeX.

Financiamento

O trabalho foi realizado com recursos próprios.

Conflito de interesses

Não há conflito de interesses.

Referências

BLUM, S. D. (ed.). **Ungrading: Why Rating Students Undermines Learning (and What to Do Instead)**, with a preface by Alfie Kohn. West Virginia University Press, 2020.

KIRSCHENBAUM, H., NAPIER, R., SIMON, S. B. **Wad-Ja-Get? The Grading Game in American Education**. “50th Anniversary Edition” with a new introduction by Professor Barry Fishman. Michigan Publishing, 2021.

SCHNEIDER, J., HUTT, E. Making the grade: a history of the A–F marking scheme. **Journal of Curriculum Studies**, 2014, VOL. 46, NO. 2, 201–224.

SMALLWOOD, M. L. **An Historical Study of Examinations and Grading Systems in Early American Universities: A Critical Study of the Original Records of Harvard, William and Mary, Yale, Mount Holyoke, and Michigan from Their Founding to 1900**. Cambridge, MA: Harvard University Press, 24; 1935.