

**Universidade de São Paulo**  
**Instituto de Física**

**Seminário 1: Análise do FAI e do PSSC, com base no conteúdo de *campo elétrico***

**Seminário sobre Projetos de Ensino, apresentado para o professor Cristiano Mattos, pelos estudantes Isabella Lopes, Julia Vieira, Júlia Ogata, Leonardo Pedroza e Lucas Fauser, em cumprimento da disciplina de Propostas e Projetos para o Ensino de Física, do 2º semestre do ano de 2020.**

**São Paulo, 28 de Setembro de 2020.**

## Introdução

O presente trabalho tem como objetivo explorar um conjunto de aspectos que compõem os projetos de ensino de física do Physical Science Study Committee (PSSC) e do Física Auto Instrutiva (FAI). Para restringir e aprofundar a análise, optou-se por um recorte temático dentro de cada projeto: o conceito de campo elétrico e os temas adjacentes. Desta forma, foi possível traçar comparações, considerando sempre as diferentes premissas e contextos nos quais cada um dos projetos foi desenvolvido e aplicado.

## Aspectos Históricos

O desenvolvimento e a publicação do PSSC se deu pouco tempo após o fim da Segunda Guerra Mundial, marcado desde o início pela *disputa pelo domínio de poder científico e tecnológico e pela hegemonia político-econômica* (QUEIROZ, 2016), em especial entre os EUA e a URSS.

Em meio a essa concorrência, há um diagnóstico por parte dos EUA de que se vivia uma crise educacional no país (LAVRUKHIN, 1958). No mesmo período, uma pesquisa<sup>1</sup> realizada pelo Comitê Nacional de Pesquisa dos EUA (National Research Council) em 1955 indicava que a União Soviética se encontrava muito à frente no que diz respeito ao sistema educacional e à formação de mão de obra especializada.

Desta forma, o PSSC e outros projetos na área de ciências da natureza surgem como uma tentativa de superar os problemas educacionais e proporcionar ao país as bases para alcançar a superioridade científico-tecnológica. Para isso, o projeto tinha como objetivo desenvolver habilidades científicas e gerar o interesse dos estudantes na carreira de cientista. Este seria um modo de garantir a formação de futuros cientistas que trabalhariam para defender os interesses nacionais estadunidenses e estabelecer a hegemonia científico-tecnológica do país.

O projeto FAI (Física Auto-Instrutivo), por outro lado, teve sua produção em 1970, alguns anos após a criação da primeira Lei de Diretrizes e Bases, em 1961. O projeto foi desenvolvido a partir da insatisfação com a aplicação dos projetos internacionais e o baixo índice de aprendizagem de Física em São Paulo. Foi conduzido pelo GETEF (Grupo de Estudos em Tecnologia do Ensino de Física) com três principais coordenadores, Fuad Daher Saad, Paulo Yamamura e Kazuo Watanabe.

Se faz notável que a formação dos coordenadores do projeto teve influência nos objetivos propostos, uma vez que ainda não existia o Instituto de Física da Universidade de São Paulo, permitindo assim apenas uma formação mais ampla, realizada na antiga Faculdade de Filosofia, Ciência e Letras da USP.

---

<sup>1</sup> Soviet Professional Manpower: Its Education, Training and Supply (1995)

A formação dos docentes participantes do projeto indica a posição mais imediatista do ensino de Física na época, onde uma abordagem com enfoque no material didático era vista como solução mais adequada.

Ainda assim, considerando a data de produção e aplicação do material, podemos perceber que o Brasil se encontrava em uma ditadura militar que perdurou até meados de 1985. Isso colocou o país em um período de extrema censura, provocando soluções direcionadas à estrutura da ciência, deixando em segundo plano o pensamento crítico.

Essa metodologia permitia ao aluno o controle do próprio aprendizado e, conseqüentemente, menor influência docente no processo de ensino.

## **Aspectos Gerais**

O PSSC se estrutura a partir de um conjunto de materiais, dos quais se destacam o livro do aluno e o livro do professor, mas contando também com guias de experimentos e filmes sobre experimentos que exercem papel importante na implementação do projeto. Segundo QUEIROZ (2016), o projeto se apoiava na ideia de que os estudantes seriam o centro do processo de ensino-aprendizagem e que este protagonismo se daria a partir de processos de experimentação e investigação científica.

Partia-se do princípio de que seria *perfeitamente possível ensinar o curso do PSSC tal como é apresentado. É um curso proveitoso para uma ampla variedade de colégios* (KILLIAN, 1964). Isto é, os materiais que compõem o projeto permitiam aos professores implementá-los sem que fossem feitas adequações para cada contexto escolar, ao menos nos EUA. O que indica uma proposta rígida e não uma forma de ampliação de repertório para o processo de ensino-aprendizagem, deixando ao professor o papel de suporte e gerenciador dos processos previstos. Ainda que se pensasse que o material é suficiente em si mesmo, foram estabelecidos cursos de verão para o treinamento de professores sobre o projeto.

Dialogando com os objetivos anteriormente citados, é possível identificar três ênfases curriculares (MOREIRA, 1986) que permeiam o projeto e em especial a parte que trata sobre o eletromagnetismo.

A primeira delas é a ênfase na estrutura da ciência, a qual se caracteriza por trabalhar o funcionamento da ciência. No PSSC se discute extensivamente questões experimentais e como estas se relacionam com a parte teórica, apresentando a ciência como uma atividade em constante aprimoramento. O projeto também investe bastante na dimensão instrumental da ciência como um elemento importante, em especial para a experimentação que é tratada como a base para se fazer ciência. A segunda se trata do desenvolvimento de habilidades científicas, que prioriza a *competência no uso de processos que são básicos para todas as ciências* (MOREIRA, 1986). Sendo praticamente todo baseado numa visão empírica da ciência e tendo a investigação como principal forma de aprendizado, o PSSC

trabalha muito as noções e os conhecimentos para a prática científica experimental e tem como objetivo explícito a formação de novos cientistas como citado anteriormente.

Por fim, a ênfase da fundamentação sólida que parte da premissa de que todo o conhecimento a ser ensinado/aprendido em um momento deve servir para o aprendizado que virá em uma etapa de ensino superior. Esta ênfase, apesar de não estruturar o projeto, aparece tanto pela ideia de que a proposta é que os estudantes de fato continuem os estudos nas ciências no futuro, como na seção específica de eletromagnetismo que tem como objetivo fornecer aos estudantes a base para aprender os conteúdos de física quântica.

O FAI era constituído por cinco livros direcionados aos alunos e um manual do professor. Os livros dos estudantes eram divididos em tópicos mais básicos, como tomada de medidas, até conteúdos mais avançados, como o próprio eletromagnetismo.

Segundo o próprio manual do professor do FAI, nesse projeto, *o professor deixa de ser apenas "o ator principal" do palco de uma sala. O aluno passa a ser o foco da atenção*. Isso explicita a influência *behaviorista* adotada no projeto.

Segundo LA ROSA (2013), o *behaviorismo* é uma corrente da psicologia que define o comportamento humano como resultado “das influências dos estímulos do meio”. Sendo assim, o comportamento pode ser moldado de acordo com estímulos e respostas.

Para explorar essa abordagem comportamentalista, o material foi desenvolvido de maneira que os discentes controlassem o avanço no conteúdo abordado. Para isso, a utilização da máscara de respostas presente no material foi imprescindível. Sua utilização se assemelha à máquina de ensinar (MONICA, 1977) produzida por Burhus Frederic Skinner.

Os alunos, por sua vez, cobrem a resposta com a máscara ao verem os símbolos \*\*\*\*\* , e logo após responderem podem realizar a checagem. Caso haja o acerto, pode-se avançar no material. Se a resposta obtida for diferente, deve-se explorar o material para sanar as dúvidas. O papel do docente é secundário, quase que inexistente, nesse processo.

Podemos observar que o FAI, a partir das ênfases curriculares (MOREIRA, 1986), tem seu foco em duas principais, sendo elas o desenvolvimento de explicações corretas e a fundamentação sólida.

A ênfase do desenvolvimento de explicações corretas tem por objetivo o produto, ou seja, o resultado final do aprendizado. O processo de construção não é levado em conta, chegando a duas principais conclusões: explicações legítimas ou não científicas, irrelevantes. Percebemos que o modo de abordagem do FAI é guiado por essa ênfase nos exercícios propostos, onde há apenas uma resposta correta.

A segunda ênfase, complementando a primeira, é a da fundamentação sólida. Ela nos guia ao processo de linearidade da ciência, onde deve-se aprender o

básico, intermediário e partir para os conteúdos avançados. Desse modo, cada nível serve de alicerce para o próximo, criando uma interdependência. Novamente, essa ênfase foca no produto, ou seja, o resultado que o aluno precisa obter para chegar ao próximo nível.

Explorando ainda o manual do professor, vemos que *os alunos, após vencerem o programa, independente de terem realizado a prova geral antes do tempo, prosseguem o estudo nas unidades seguintes do programa geral de Física.*

A linguagem utilizada no trecho demonstra que o processo de aprendizagem, na visão do FAI, é tratado como uma competição, ou seja, o mais importante é *vencer* o projeto, passando por todos os seus estágios, sem levar em conta o pensamento crítico.

## Aspectos Textuais

No PSSC, os conceitos são desenvolvidos em meio a atividades experimentais, isto é, a maioria das seções são iniciadas com uma descrição experimental (como é possível verificar no trecho em destaque na figura 1), a partir da qual são estabelecidos os resultados e os conceitos envolvidos no experimento; dessa maneira, os textos se assemelham a relatórios com parágrafos grandes, divididos em duas colunas e com excesso de termos técnicos, o que dificulta a compreensão dos estudantes, já que eles precisam entender não só os conceitos físicos envolvidos, mas também sobre o aparato experimental a ser utilizado; o que fica explícito em trechos como “o circuito de varredura do oscilógrafo deslocou o feixe de elétrons horizontalmente” (ZACHARIAS, Jerrold; Physical Science Study Committee - Parte IV; edição preliminar, Editora Universidade de Brasília 1963, p. 63). Entretanto, as ideias são expressadas concatenadamente e os conceitos são desenvolvidos de maneira contínua, fazendo também referência a conteúdos de outros volumes do material.

Nos capítulos há alguns exercícios majoritariamente algébricos e, em alguns deles, há também um resumo do que foi estudado e alguns quadros com informações extras às fornecidas. O material também conta com uma lista de filmes que podem ser apresentados aos alunos.

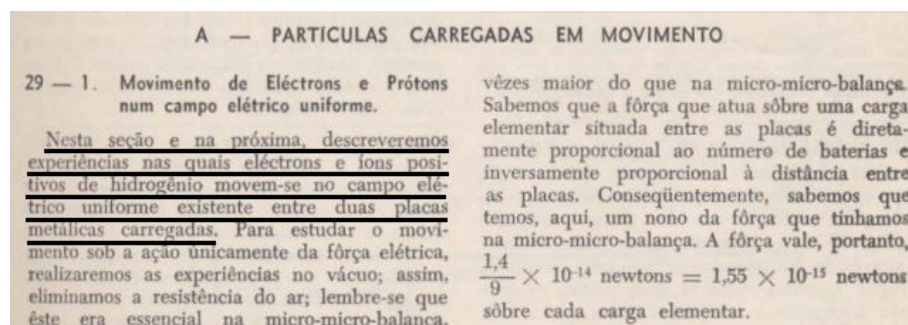


Figura 1 - Início da seção 1, capítulo 29, parte IV do material do PSSC

Já no FAI, algumas seções são iniciadas com pequenas introduções, porém os conceitos são realmente desenvolvidos pelos próprios estudantes à medida que eles completam as lacunas presentes no texto, o que faz com que o material seja estruturado em parágrafos curtos e as ideias sejam desenvolvidas de forma fragmentada. O material não apresenta conteúdos extras aos “convencionalmente” desenvolvidos.

Posteriormente, há as chamadas “questões de estudo” que têm como função verificar a compreensão dos estudantes em relação à teoria fornecida e, nessa seção, há constante uso do pronome de tratamento “você”, tornando explícita a responsabilidade que o estudante tem sobre seu próprio aprendizado, como é possível verificar no trecho “...**você** mesmo **verifique** a sua fluência ao entendimento do assunto...” (SAAD, Fuad; YAMAMURA, Paulo; WATANABE, Kazuo. FAI 5, Física Auto-Instrutivo: cargas elétricas em repouso, cargas elétricas em movimento; 4. ed. São Paulo, Saraiva, 1977, p. 56). No fim de alguns capítulos, existem também alguns exercícios algébricos.

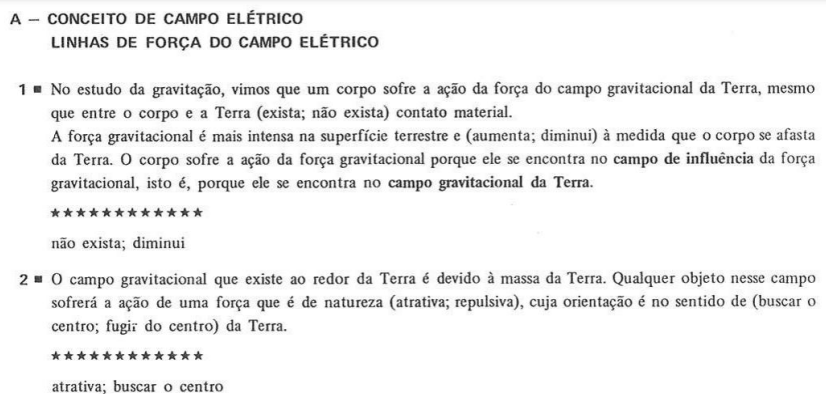


Figura 2 - Início do seção A, capítulo 8, parte XI do 5º volume do FAI

Em ambos os materiais, há interação com os estudantes, visto que grande parte dos verbos são conjugados na primeira pessoa do plural (nós), como “**Usaremos** esse movimento para determinar as massas de partículas carregadas...” (ZACHARIAS, Jerrold; Physical Science Study Committee - Parte IV; edição preliminar, Editora Universidade de Brasília 1963, p. 59) e “Durante o estudo da gravitação, **investigamos** o campo gravitacional...” (SAAD, Fuad; YAMAMURA, Paulo; WATANABE, Kazuo. FAI 5, Física Auto-Instrutivo: cargas elétricas em repouso, cargas elétricas em movimento; 4. ed. São Paulo, Saraiva, 1977, p. 53). Nas seções que tratam sobre campo elétrico, nenhum dos materiais faz uso de recursos lúdicos.

## Aspectos Gráfico-Editoriais

Em relação à hierarquia da estrutura gráfico-editorial, o PSSC faz uma grande diferenciação entre o título de cada parte (maior fonte e em negrito). Há divisão por

capítulos e subtópicos, sendo possível diferenciar pela fonte em negrito. No FAI também é possível diferenciar de forma gráfica o que é título e subtítulo do que é texto. Os títulos e subtítulos são escritos em letras maiúsculas e em negrito. Existem três divisões básicas: número da seção com o assunto geral; as categorias dentro dessa seção (dividido por letras) e as atividades dentro de cada categoria (questões de estudo, problemas a resolver).

Sobre a distribuição dos textos e imagens, tanto no PSSC como no FAI, existe uma identidade visual previsível e clara, pois seguem sempre a mesma estrutura. Além disso, os textos e imagens dialogam entre si e as imagens aparecem com a finalidade de esquematizar o que o texto está explicado. No PSSC, devido ao uso de atividades experimentais, grande parte das imagens que aparecem são fotos ou ilustrações dos aparatos experimentais. Visualmente, é interessante ressaltar que nenhum dos projetos apresentam o conteúdo gráfico como uma função de mera ilustração ou para tornar o material mais agradável visualmente, mas tudo o que há no projeto é colocado para torná-lo mais organizado e complementar a explicação do texto.

Em relação à apresentação de créditos, legendas, fontes e datas nas ilustrações, nas tabelas e nos gráficos, podemos dizer que o FAI não apresenta. Como todas as figuras que aparecem no material são esquematizações do modelo explicativo que está sendo trabalhado, parece que as ilustrações foram feitas para o próprio material e por isso não apresentam legenda, porém as descrições delas se encontram nos textos. O PSSC, por sua vez, também não apresenta créditos, provavelmente pelo mesmo motivo do FAI. Porém, todas as figuras possuem legendas descrevendo o que está sendo representado nas imagens.

Sobre as referências bibliográficas e indicações de leitura, é possível notar que no FAI não há sugestões ao longo do texto no material do aluno e o material faz uso recorrente da auto referenciação, ou seja, retoma conteúdos que o próprio material já abordou. Porém, no material do professor existem algumas sugestões de bibliografia. O PSSC possui indicações de leitura e também filmes para que os estudantes tenham contato, embora esses vídeos sejam produções do próprio projeto.

## **Aspectos Pedagógicos-Metodológicos**

Moreira (1986), a partir do trabalho de Roberts, apresenta e discute diferentes ênfases curriculares adotadas para a construção curricular. A partir do que é apresentado, uma das interpretações é que o uso de mais de uma ênfase propicia a complementaridade e enriquecimento do material didático produzido. A partir da análise dos projetos PSSC e FAI, fica evidente que o uso não equilibrado de apenas uma das ênfases fragiliza a qualidade dos projetos. O PSSC prioriza a ênfase da estrutura da ciência, enquanto o FAI segue a ênfase das respostas certas. Apesar

de ambas as ênfases terem aspectos positivos, o uso muito enfático dessas duas fragiliza a qualidade dos materiais.

Um ponto importante em relação ao PSSC é que a abordagem pedagógica, segundo Queiroz (2016), teve como influência os pensamentos de Bruner que tem como proposta a Estrutura da Disciplina.

*“Para esse autor, a compreensão da estrutura fundamental do conhecimento, por parte do aluno, é um requisito mínimo para o uso e aplicabilidade desse conhecimento nas diversas situações cotidianas ou como aporte de novos saberes.” (QUEIROZ, 2016). “[...] a atividade intelectual é a mesma em toda parte. [...] a diferença é de grau, não de natureza. Ao estudar física, o aluno é um físico; e é mais fácil aprender física comportando-se como um físico, do que fazendo qualquer outra coisa.” (BRUNER, 1978, p. 12-13 apud QUEIROZ, 2016).*

Nesse sentido, o vasto uso da experimentação no projeto do PSSC se justifica considerando a perspectiva de que parte relevante do fazer científico da Física envolve o desenvolvimento de experimentações. Ou seja, para os autores desse projeto, para que os estudantes pudessem de fato aprender os conteúdos atrelados a essa disciplina seria fundamental que eles se comportassem, em menor grau, como um físico, pois assim conseguiriam compreender os conteúdos por conhecerem qual é a estrutura desse tipo de conhecimento.

Em contraposição, o FAI teve sua inspiração no *behaviorismo*, conduzindo os estudantes e professores envolvidos no projeto a uma abordagem comportamentalista. Tendo como um dos precursores dessa teoria, B. F. Skinner desenvolveu a máquina de ensinar, que se assemelha muito à instrução programada vista posteriormente no FAI. De acordo com Skinner, a mediação humana pode interferir no processo de aprendizagem, dessa forma, ele sugeriu o uso de máquinas de aprender cuja a relação do estudante aconteceria apenas com a própria máquina, que oferecia estímulos positivos quando os alunos eram capazes de inserir as respostas corretas para as questões. Apesar do FAI não fazer uso dessa máquina, a abordagem do material é muito semelhante considerando que os alunos apenas podem prosseguir no processo de aprendizagem quando conseguem inserir as respostas corretas nos lugares destinados à elas. Esse estímulo de prosseguimento das atividades a partir dos acertos é uma característica behaviorista que permeia todo o material, inclusive o manual do professor, que trás a frase *“Notamos, em nossas experiências, que os alunos, após **vencerem** o programa”*<sup>2</sup> (grifo nosso). Nesse trecho fica claro que realizar as atividades propostas e finalizar o material se relaciona com um estímulo positivo de que o estudante foi capaz de lidar com o conteúdo, podendo assim, passar para o próximo material ou concluir aquela ciclo acadêmico.

Um ponto de convergência entre os dois projetos é o fato de que o conhecimento científico não é apresentado de forma contextualizada, nem historicamente, nem considerando o cotidiano dos alunos. O PSSC, apesar de ter um foco muito voltado à experimentação, não apresenta os conceitos de forma



contextualizada. Nesse projeto é possível notar a relevância que é dada ao sistema de ensino investigativo visando a formação de novos cientistas que se interessem pela área das ciências naturais e suas tecnologias, porém, esse interesse é estimulado considerando o fazer científico de forma descontextualizada historicamente e não há menção sobre a pessoa que é responsável por desenvolver esse conhecimento. Considerando a forma como o fazer científico é apresentado no PSSC, parece que a ciência é apartada de influências culturais, sociais e históricas.

Já no FAI é possível notar alguns exemplos que dialogam de certa forma com coisas que podem ser pertencer ao cotidiano dos estudantes. Porém, o uso desse recurso fica mais a cargo de tentativa de exemplificação do assunto do que um diálogo com o dia a dia dos estudantes. A imagem abaixo exemplifica a situação. É mencionado que a produção de campo elétrico uniforme é relevante para a física e para a eletrônica, porém, essa informação não é explorada nem no sentido de explicar o motivo pelo qual é relevante para a Física ou Eletrônica, nem para a realidade dos estudantes.

10 ■ A produção de um campo elétrico uniforme é de grande importância prática tanto na Física como na Eletrônica. Podemos obter um campo elétrico uniforme entre duas placas metálicas igualmente eletrizadas, porém com cargas de sinais opostos, e separadas entre si de uma certa distância. Veja a figura ao lado. Podemos observar que o campo elétrico entre as placas é uniforme com exceção da região próxima às bordas. Nesta região, as linhas do campo (são; não são) retílicas e, portanto, o campo (é; não é) uniforme.  
\*\*\*\*\*  
não são; não é

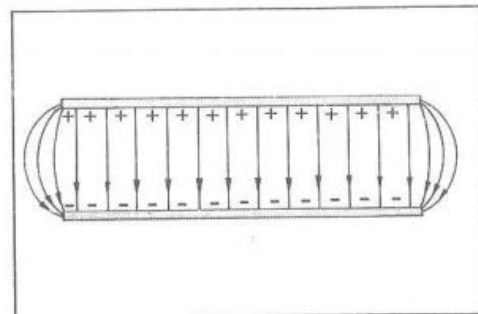


Figura 3: trecho retirado do material do aluno do FAI

Vale destacar que ambos os materiais sempre referenciam os conteúdos que já foram apresentados previamente, tendo como pressuposto que o assunto apresentado foi completamente compreendido pelos alunos. Nesse sentido, observamos que os conteúdos tratados raramente parecem ter uma relevância por si só, mas sim, que possuem importância porque vão ser necessários para a compreensão de um outro conceito futuro. No caso do PSSC, isso fica mais enfático considerando que aparentemente os conceitos são apenas tratados por terem relevância para o desenvolvimento das atividades experimentais.

Em relação ao formato como os materiais estimulam o desenvolvimento de habilidades, podemos dizer que o PSSC estimula o aprendizado a partir da investigação científica desenvolvendo uma habilidade semelhante à escrita de artigos científicos através dos diversos experimentos propostos. Por outro lado, o FAI trabalha apenas com o preenchimento de lacunas, ou seja, poderíamos dizer que forma para os alunos para dar respostas concisas sobre o que está sendo perguntado.

Os dois projetos têm um foco muito centrado no estudante e pressupõem uma interação muito baixa ou até mesmo inexistente do aluno com outras pessoas. Assim, não é possível observar um incentivo à realização de atividades que exigem trabalho cooperativo a fim de se estimular a valorização e o respeito às opiniões de outros, nem de colegas de classe nem do próprio professor.

Embora o PSSC possua uma ênfase em relação à atividade experimental, o FAI também inclui esse tipo de atividade no projeto na avaliação final. Existem instruções de como os experimentos devem ser realizados, porém, o aparato experimental necessário é bem específico e nenhum dos dois apresentam alternativas de substituições que podem ser realizadas caso não seja possível ter acesso a todos os itens do aparato. Esse foi um dos motivos do PSSC não ter obtido muito sucesso no Brasil, uma vez que o projeto é inteiramente baseado na realização de experimentos, cujos equipamentos nem sempre estão disponíveis

## Aspectos sobre o Livro do Professor

O material do PSSC é dividido em quatro partes e cada uma delas possui um guia próprio para professores. O guia IV é dividido em seis partes, sendo iniciado com o planejamento do curso de física no Brasil, que mostra a estrutura do curso nos três anos científicos, como é possível ver na figura 4, a qual mostra o planejamento do 3º ano científico, onde são abordados os tópicos desenvolvidos na parte IV do material, incluindo o conceito de campo elétrico. Nesta seção, há recomendações acerca das adaptações que podem ser feitas no curso devido ao tempo restrito dos professores, porém explicitando que não se deve adaptar as unidades a um plano particular, pois o curso constitui um quadro integrado e contínuo.

### 3.º ANO CIENTÍFICO

Capítulo	Semanas	Aulas em classe	Aulas de Lab.	Experiências
27 — Alguns Fatos Qualitativos Sobre a Eletricidade	8	5	3	IV-1, IV-2
28 — A Lei de Coulomb e a Carga Elétrica Elementar		8	5	IV-3, IV-4
29 — Energia e Movimento de Cargas em Campos Elétricos		14	6	IV-5, IV-6
30 — O Campo Magnético	7	14	12	IV-7, IV-8, IV-9, IV-10
31 — Indução e Ondas Eletromagnéticas		9	—	—
32 — Explorando o Átomo	7	10	3	IV-12
33 — Fótons e Ondas Associadas à Matéria		10	3	IV-11
34 — Sistemas Quânticos e Estrutura dos Átomos		8	—	—
Matéria complementar	8	40	—	—

Figura 4 - Planejamento do 3º ano científico do PSSC

Posteriormente, encontra-se a introdução à parte IV, na qual há um resumo referente a cada capítulo e são citados os materiais que podem ser usados pelos professores durante as aulas, incluindo a lista de filmes produzidos para o projeto, cuja duração varia de 13 a 40 minutos e a formalidade é marcada, principalmente, pelo traje formal usado pelos participantes e também pelos cenários, os quais são ambientes ocupados tradicionalmente por cientistas, como laboratórios.

A introdução também mostra as duas opções de planejamento possíveis para a parte IV (figura 5), podendo ser abordada em 15 semanas ou em 9 semanas, além de citar outras adaptações, como sugerir capítulos que podem ser evitados ou omitidos do planejamento: “Isto, então, possibilita evitar os Capítulos 30 e 31, inteiramente...” (ZACHARIAS, Jerrold; Physical Science Study Committee - Guia Parte IV; edição preliminar, Editora Universidade de Brasília 1963, p. 5).

Cap.	Plano de 15 semanas para a parte IV			Plano de 9 semanas para a parte IV		
	Período de Aula	Período de Lab.	Exp.	Período de Aula	Período de Lab.	Exp.
27	5	1	IV-1 IV-2	2	1	IV-2
28	7	2	IV-3 IV-4	5	1	IV-3
29	10	2	IV-5 IV-6	7	1	IV-6
30	8	4	IV-7 IV-8 IV-9 IV-10	4	1	IV-7
31	8	0		5	0	
32	8	1	IV-12*	5	0	
33	8	1	IV-11	5	1	IV-11
34	8	0		6	0	

Figura 5 - Opções de planejamento para a parte IV do material do PSSC

Em seguida, o material apresenta cada capítulo através de uma introdução, um resumo, alguns comentários (somente em alguns capítulos), o planejamento e os materiais referentes a cada um deles. Além disso, os capítulos são divididos em seções e a maioria delas possui finalidade, conteúdo, ênfase, desenvolvimento e problemas complementares bem definidos, especificando qual é e como deve ser feita cada abordagem.

Tópico	Planejamento de 15 semanas para a Parte IV			Planejamento de 9 semanas para a Parte IV		
	Período de Aula	Período de Lab.	Exp.	Período de Aula	Período de Lab.	Exp.
Seqs. 1, 2	2	0	-	1	0	-
Seqs. 3, [4]	2	1	IV-6	1	0	IV-6
Seqs. 5, [6], 7, [8], [9]	3	0	-	3	0	-
Seqs. [10], [11], [12], [13], [14]	3	1	IV-5	2	0	-

Figura 6 - Planejamento do capítulo 29, parte IV do PSSC

Como é possível notar na figura 6, no planejamento dos capítulos, “há certas seções esparsas, na Parte IV, que podem ser omitidas ou tratadas sumariamente, a fim de economizar tempo, sem grande quebra de continuidade” (ZACHARIAS, Jerrold; Physical Science Study Committee - Guia Parte IV; edição preliminar, Editora Universidade de Brasília 1963, p. 5).

Além disso, os exercícios de cada capítulo são divididos em grau de dificuldade, como mostra a figura 7.

B. Algo Mais Sobre Energia e Correntes nos Circuitos Elétricos

Seção	Fácil	Médio	Difícil	Discussão em Classe
10-11	1,2		3*, 4	3
12-13	7			
14	8, 10	5, 9, 11	6, 12, 14*	6, 14
Geral			13	

Figura 7 - Classificação dos exercícios da parte B, capítulo 29, parte IV do PSSC

O guia do professor do PSSC é finalizado com apêndices, que trazem conteúdo suplementar não só à formação dos estudantes, mas também dos docentes, e há uma seção específica abordando as atividades laboratoriais e também as demonstrações, que são divididas em grau de prioridade, como mostra as figuras 8 e 9.

Número	Experiência	Melhor Oportunidade	Prioridade
IV-1	Objetos Eletrizados	Antes do Capítulo 27	**
IV-2	Indução Eletrostática	Durante ou logo após a Seção 27-5	**
IV-3	Fôrça Entre Duas Esferas Carregadas	Antes do Capítulo 28	***
IV-4	Adição de Fôrças Elétricas	Após a Experiência IV-3	*
IV-5	Diferença de Potencial	Antes ou durante a discussão da Seção 29-7	**
IV-6	Carga Transportada por íons em Solução	Após a discussão da Seção 29-4	***
IV-7	Campo Magnético de uma Corrente	Antes da Seção 30-3	**
IV-8	Campo Magnético nas Proximidades de um Longo Fio Retilíneo	Antes da Seção 30-4	**
IV-9	Medição de um Campo Magnético em Unidades Fundamentais	Após a Seção 30-5	***
IV-10	Massa do Elétron	Após a Experiência IV-9 e a discussão da Seção 30-8	***
IV-11	O Acaso na Desintegração Radioativa	Durante o Capítulo 33 ou posteriormente	***
IV-12	Colisões Nucleares Simuladas	Quase no fim do curso	**

\*\*\* Indispensável  
 \*\* Desejável  
 \* Facultativa.

Figura 8 - Classificação das experiências a serem abordadas na parte IV do material do PSSC

Demonstrações	Página	Prioridade
Transferência de Carga por uma Bolinha Oscilante		°
Eletroscópio Blindado		°
Demonstrações com o Eletroscópio		°°°
Deflexão de um Filete de Água		°
Traços numa Câmara de Neblina		°°°
Condutividade dos Líquidos		°°
Campos Eletrostáticos		°°
Medição do Tempo de Voo		°
Correntes Induzidas e Voltagens		°°°
Efeito fotoelétrico		°°°

°°° Indispensável  
 °° Desejável  
 ° Facultativa.

Figura 9 - Classificação das demonstrações a serem abordadas na parte IV do material do PSSC

Considerando a análise do guia IV do professor do PSSC, é notável que o material foi construído considerando, principalmente, o limitado tempo que os docentes têm para abordar grande quantidade de conteúdos, o que faz com que o guia sugira algumas adaptações, definindo explicitamente quais tópicos devem ser priorizados e como suas abordagens devem ser feitas.

O manual do professor do FAI, por sua vez, é constituído de 19 páginas que têm seu foco na apresentação do projeto ao professor, juntamente às instruções de como se adequar ao processo.

Já no início do manual é apresentada a estrutura geral do projeto, sendo complementada por uma breve explicação do motivo da abordagem auto-instrutiva. Outros tópicos são rapidamente abordados como o tempo da aula, nota final e recursos do laboratório.

Antes de expôr a divisão de conteúdos do FAI, é apresentada uma justificativa para a quantidade de testes realizados, onde, segundo o próprio material, *O adolescente tem a tendência de se apegar a oportunidades para mostrar o que é capaz de fazer, desde que para isso contingências favoráveis sejam criadas.*

A divisão de conteúdos é feita em três partes: tópicos básicos, tópicos diversificados e tópicos avançados. Todos eles possuem subcategorias que englobam conteúdos mais específicos, como mostra a Figura 6.

tópicos básicos	Potência de 10 — notação científica Sistema Internacional de Unidades e medidas — algarismos significativos Funções e gráficos Movimentos retilíneos Vetores Força — Leis de Newton Impulso e Quantidade de movimento Energia — Potência
tópicos diversificados	Movimentos complexos (circular, parabólico, pla- no inclinado, sistema de referência etc.) Energia Térmica — Termodinâmica Elementos de eletricidade — Eletrodinâmica Eletromagnetismo Ondas — Luz Estática — máquinas simples Eletrotécnica Fluidoestática — Fluidodinâmica
tópicos avançados	Física moderna Pesquisas físicas

Figura 6 - Texto programado retirado do Física Auto-Instrutivo

Mais adiante, há orientações sobre a divisão e utilização do texto programado, com breves citações para que o docente explore-o de outras maneiras, com filmes e debates. Ainda assim, nota-se que o incentivo para abordar conteúdos fora do livro-texto é quase inexistente.

Quase no final do manual, há orientações sobre como os alunos são avaliados, deixando a maior parte desse processo focado no próprio material. Isso se dá a partir de testes que já são pré-definidos e direcionados aos próprios alunos.

Junto à conclusão do manual do professor do FAI, há a ficha de atividades em classe, onde o professor faz o preenchimento com base no acompanhamento dos alunos em sala de aula. Ela é preenchida após a checagem de conteúdos estudados ao final daquele respectivo subtópico.

Por fim, podemos notar nas referências bibliográficas o reflexo do *behaviorismo* no projeto, pois todas possuem seu alicerce na análise comportamental. Isso, não só não contribui para a formação do docente, mas reforça o seu papel secundário nessa metodologia.

A máscara de respostas, em conjunto com o manual do professor e suas poucas instruções acerca do processo educacional, reitera o posicionamento do docente em sala. Desse modo, o manual do professor do FAI parece atingir o mesmo objetivo do livro-texto dos alunos: a instrução programada.

## Conclusão

Considerando os aspectos analisados em cada um dos projetos, é possível verificar que ambos, apesar de terem sido bem sucedidos no período em que foram criados, apresentaram declínio com o passar dos anos, principalmente no Brasil, o

que se deve não só à falta de material experimental nas escolas, mas principalmente à ausência de propostas para a formação continuada de professores.

No entanto, através da análise crítica dos materiais antigos como PSSC e FAI em comparação àqueles usados hoje, são nítidas algumas semelhanças que se dão não mais pelo behaviorismo, mas pelo neobehaviorismo, que mascara velhas práticas, como a instrução programada, através do uso de inovações tecnológicas.

## Referências

- MOREIRA, M.A. & AXT R. *A questão das ênfases curriculares e a formação do professor de ciências*. Cad. Cat. Ens. Fis., vol. 3, n.2,p. 66-78, 1986.
- QUEIROZ, M. N; HOSOUME, Y. Ensino de Física no Brasil nas décadas de 1960-1970 na perspectiva dos projetos inovadores PSSC, PEF e FAI. In: Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 16, 2016, Natal
- KILLIAN, James R. O curso do PSSC. *Ciência e Cultura*, vol. 26, n.4, p. 421-423, 1964.
- LA ROSA, J. *Psicologia e educação: o significado do aprender*. Porto Alegre: EDiPUCR, 2003.
- I. M. LAVRUKHIN. On the Crisis in US Education, *Soviet Education*, 1:2, 49-51, 1958.
- National Research Council. *Soviet Professional Manpower: Its Education, Training, and Supply*. Washington, DC: The National Academies Press. 1955
- ZACHARIAS, Jerrold; Physical Science Study Committee - Guia Parte IV; edição preliminar, Editora Universidade de Brasília, 1963
- ZACHARIAS, Jerrold; Physical Science Study Committee - Parte IV; edição preliminar, Editora Universidade de Brasília, 1963
- SAAD, Fuad; YAMAMURA, Paulo; WATANABE, Kazuo. FAI 5, Física Auto-Instutivo: cargas elétricas em repouso, cargos elétricas em movimento; 4. ed. São Paulo, Saraiva, 1977