UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

GABRIELA SIQUEIRA DE PAULA SOUZA
LAVACCHINI RAMUNNO

SCALE-UP:
UM ESTUDO DE CASO

ORIENTADOR: PROF. DR. CRISTIANO RODRIGUES DE MATTOS

SÃO PAULO
2019

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

GABRIELA SIQUEIRA DE PAULA SOUZA
LAVACCHINI RAMUNNO

SCALE-UP:
UM ESTUDO DE CASO

Dissertação de mestrado apresentada ao Instituto de Física, ao Instituto de Química, ao Instituto de Biociências e à Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo dentro do Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências - Modalidade Física (versão corrigida)

Orientador: Prof. Dr. Cristiano Rodrigues de Mattos

SÃO PAULO
2019

FICHA CATALOGRÁFICA
Preparada pelo Serviço de Biblioteca e Informação
do Instituto de Física da Universidade de São Paulo

Ramunno, Gabriela Siqueira de Paula Souza Lavacchini

SCALE-UP: um estudo de caso. São Paulo, 2019.

Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências.

Orientador: Prof. Dr. Cristiano Rodrigues de Mattos

Área de Concentração: Ensino de Física

Unitermos: 1. Física – Estudo e Ensino; 2. Ensino superior; 3. Instituições de ensino; 4. Ensino e aprendizagem; 5. Inovação.

USP/IF/SBI-005/2019

It is our choices ... that show what we truly are,
far more than our abilities.
(Albus Percival Wulfric Brian Dumbledore para Harry Potter in Rowling, 1998)

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Cristiano, por todo o exemplo que é para mim: de caráter, de professor, de pessoa. Muito obrigada pelas conversas, pelas discussões e, principalmente, pela amizade. Você é sensacional.

Aos professores e professoras do IFUSP que disponibilizaram uma parte de seu tempo para me auxiliar no desenvolvimento desse trabalho concedendo uma entrevista formal, uma conversa de corredor ou o acompanhamento de um semestre de suas aulas.

Aos professores André Rodrigues e Ivã Gurgel por comporem a banca da minha qualificação. Muito obrigada por todas as contribuições e sugestões.

Aos meus colegas do grupo ECCo, por todas as discussões incríveis, em especial, o Ortega, a Fernanda, o Esdras, o Danilo, a Debora, o Francisco, o Leonardo, a Mariana, o Juliano, o Jucivagno (em memória), a Tamara, a Percia e o Walter, que estiveram mais próximos ao longo dos últimos anos. É um prazer ter vocês ao meu lado.

Ao Franco, por todo amor, dedicação e companheirismo. Honestamente esse trabalho de pesquisa não seria possível sem você ao meu lado. Obrigada por ser o homem mais gentil, carinhoso e inteligente que eu já conheci.

Aos meus pais, Rosana e João, por todo apoio, carinho e amor. Eu não seria metade do que sou se vocês não existissem na minha vida. Palavras teriam de ser inventadas para que eu pudesse expressar o que sinto por vocês.

Ao meu irmão, João Pedro, por inusitadamente ter se tornado o melhor amigo que eu poderia ter.

Aos meus sogros, Fernando e Lucia, por serem pessoas tão maravilhosas e terem me acolhido com tanto carinho em sua família.

À vovó Carolina e ao vovô Antônio, por terem sido os meus primeiros alunos nas brincadeiras de escolinha. É difícil colocar em palavras a falta que vocês me fazem, mas vocês ainda vivem em mim e essa conquista também é de vocês.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Relação mediada entre estímulo e resposta, adaptada de Vigotski (2007, p. 33). 22

Figura 2: Relação mediada entre sujeito e objeto 23

Figura 3: Esquema das relações hierárquicas entre atividade, ações e operações (RODRIGUES, 2013, p. 127). 31

Figura 4: Representação esquemática da atividade proposta por Engeström (1987 – tradução nossa). 32

Figura 5: Interação entre duas atividades cujos objetos são compartilhados (ENGESTRÖM, 2001, p. 136 – tradução nossa) 33

Figura 6: Representação esquemática da atividade em níveis hierárquicos (MATTOS, 2016, p. 111) 34

Figura 7: Fotografia de uma sala de aula preparada para a aplicação da metodologia SCALE-UP. Nas mesas, há um laptop para cada três alunos como se recomenda na metodologia SCALE-UP (BEICHNER, 2014). 57

Figura 8: Mapa com a localização das instituições americanas que oferecem disciplinas baseadas no SCALE-UP (NCSU, 2011). 57

Figura 9: Sala de aula preparada para a metodologia TEAL no MIT, utilizada na disciplina Physics II: Electricity and Magnetism (NCSU, 2012). 58

Figura 10: Desenho esquemático da configuração espacial da sala de aula preparada para aplicação da metodologia SCALE-UP no IFUSP. 61

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Protocolo de entrevistas e justificativa das questões utilizadas..... 41

Quadro 2. Categorias de análise. 45

Quadro 3. Cronograma de atividades realizadas para coleta dos dados analisados. 47

Quadro 4. Programações e objetivos de aprendizagem para a terceira semana (15 a 19 de agosto de 2016) e para a oitava semana (26 a 30 de setembro de 2016) de aula da disciplina de *Física 2*..... 64

LISTA DE SIGLAS

CG – Comissão de Graduação

CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

CoC – Comissão Coordenadora do Curso

CoC-B – Comissão Coordenadora do Curso de Bacharelado

GPA – *Grade Point Average*

IFUSP – Instituto de Física da Universidade de São Paulo

IMPEC – *Integrated Math, Physics, Engineering and Chemistry*

Isle – *Investigative Science Learning Environment*

JiTT – *Just-in-Time Teaching*

MIT – *Massachusetts Institute of Technology*

NCSU – *North Carolina State University*

PBL – *Problem-Based Learning*

PI – *Peer Instruction*

POGIL – *Process-Oriented Guided Inquiry Learning*

PSSC – *Physical Science Study Committee*

PUM – *Physics Union Mathematics*

REACT – *Relating Experiencing Applying Cooperating Transferring*

SCALE-UP – *Student-Centered Active Learning Environment with Upside-down Pedagogies*

STEAM – *Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics*

TEAL – *Technology-Enabled Active Learning*

USP – Universidade de São Paulo

RESUMO

Ramunno, G. S. P. S. L. **SCALE-UP: um estudo de caso.** 2019. 109 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Física e Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019.

Nos últimos anos, diversas foram as pesquisas voltadas para métodos alternativos do processo de ensino-aprendizagem, as quais deram origem a várias novas metodologias de ensino ao redor do mundo, como, por exemplo, o PBL (Problem-Based Learning), o POGIL (Process-Oriented Guided Inquiry Learning), o Peer-Instruction, o STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics), o TEAL (Technology-Enabled Active Learning) e o SCALE-UP (Student-Centered Active Learning Enviroment with Upside-down Pedagogies). Essas abordagens metodológicas, embora sejam ligeiramente diferentes entre si, possuem, em sua concepção, dois aspectos em comum: a proposição do aluno como protagonista do processo de ensino-aprendizagem e o foco na cooperação por meio de muitas interações em sala de aula, tanto entre alunos e professores quanto entre os próprios alunos. O trabalho de pesquisa aqui apresentado tem como objetivo principal compreender, na perspectiva da Teoria da Atividade Sócio-Cultural-Histórica, as condições educacionais e institucionais que possibilitam a introdução e a manutenção de uma proposta metodológica inovadora de ensino em uma instituição de ensino superior. A investigação foi realizada por meio de um estudo de caso do uso da metodologia SCALE-UP na Universidade de São Paulo.

Palavras-chave: SCALE-UP; Metodologias Inovadoras; Ensino de Física; Teoria da Atividade.

ABSTRACT

Ramunno, G. S. P. S. L. **SCALE-UP: a case study.** 2019. 109 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Física e Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019.

In recent years, several studies have focused on alternative methods of teaching and learning processes, which have given rise to several new teaching methodologies around the world, such as PBL (Problem-Based Learning), POGIL (Process-Oriented Guided Inquiry Learning), Peer-Instruction, STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts and Maths), TEAL (Technology-Enabled Active Learning) and SCALE-UP (Student-Centered Active Learning Environment with Upside Down Pedagogies). These methodological approaches, although slightly different, have, in their conception, two aspects in common: the proposition of the student as the protagonist in the teaching and learning process and the focus on cooperation through interactions in the classroom, between students and teachers and between the students themselves. The main objective of this research is to understand, from the perspective of Socio-Cultural-Historical Activity Theory, the educational and institutional conditions that allow the introduction and maintenance of an innovative methodological proposal for teaching in a higher education institution. This study is based on the case study of the implementation of the SCALE-UP methodology at *Universidade de São Paulo*.

Key-words: SCALE-UP; Innovative Methodologies; Physics Teaching; Activity Theory.

ÍNDICE

Agradecimentos 2
Lista de Figuras 4
Lista de Quadros 5
Lista de Siglas 6
Resumo 7
Abstract 8
Apresentação 10
1. Introdução 13
1.1. Objetivos da pesquisa 19
2. Referencial Teórico 20
2.1. Vigotski e a Teoria Socio-Cultural-Histórica do Desenvolvimento Humano . 21
2.2. Leontiev e a Teoria da Atividade Humana 28
2.3. Engeström e a complexificação da atividade humana 32
3. Metodologia 36
3.1. Introdução 36
3.2. Método da pesquisa 38
4. Análise dos Dados 47
4.1. Desenvolvimento histórico da metodologia SCALE-UP 48
4.2. Observação participante periférica 60
4.3. Entrevistas semiestruturadas 68
4.3.1. Processo de proposição e implementação da metodologia SCALE-UP 71
4.3.2 Contribuições da metodologia SCALE-UP para o IFUSP 78
4.3.3 Contradições internas ao SCALE-UP 85
4.3.4 Contradições na relação SCALE-UP – IFUSP 88
5. Consideração Finais 93
Referências 100
Apêndice A: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido 107

APRESENTAÇÃO

Por onde começar senão pelo princípio? Dou início a essa dissertação, portanto, situando o leitor acerca de alguns sentidos que me conduziram à formulação da minha pergunta vital e me trouxeram até a realização desse trabalho de pesquisa. Sentidos esses que hoje atribuo à minha gênese sócio-cultural-histórica.

Desde que nasci eu sabia o que queria ser quando crescesse: uma fada. Os anos foram se passando e como eu não via meio de realizar esse sonho infantil, eu aceitei que deveria escolher outro caminho para o meu futuro. A resposta veio não sei dizer como e nem o porquê. Mas um belo dia eu resolvi que queria ser professora de literatura. Eu acreditava que por meio dessa profissão eu poderia encantar outras pessoas por meio daquilo que sempre me encantou: o saber; tinha a convicção de que, apesar de se tratar, infelizmente, de uma das profissões menos valorizadas, era uma das mais nobres e acreditava, já naquela época, que ensinar era também uma forma de aprender.

O ensino fundamental veio e se foi como em um piscar de olhos. E no ensino médio eu conheci um professor com nome engraçado: Feliz. O homem era a própria encarnação da palavra, nunca o vi de cara feia ou mau-humor e, além de tudo, suas aulas eram especialmente boas. Até então eu nunca tinha desgostado de Física, acho que porque eu nunca tinha tido dificuldade com as fórmulas e contas, mas também não era a minha disciplina favorita. Na realidade, estava bem longe disso. Talvez o Feliz realmente tivesse a intenção de me fazer olhar a Física com outros olhos. Mas a verdade é que ele me fez enxergar o mundo de outra forma.

O professor Feliz foi o primeiro que me disse que a Ciência era uma forma de cultura e que as pessoas não nascem cientistas, elas se constroem cientistas. Ele me

mostrou a beleza da Física. Eu sempre gostei de saber o porquê das coisas e, de certa forma, eu vi que a Física poderia ajudar nesse entendimento que eu buscava. O Feliz não foi o professor mais próximo que tive, mas, com certeza, foi o que mais me influenciou na busca do meu futuro.

É bem verdade que a lógica que ele me apresentou poderia ter sido utilizada para basicamente qualquer forma de conhecimento, inclusive para a área literária, que era a minha favorita até então. Mas eu resolvi sair do universo que existe nos livros para adentrar os livros sobre o Universo. Eu, que até então era fascinada por José de Alencar e Saramago, passei a ler Stephen Hawking e Neil deGrasse Tyson. Me apaixonei.

Já no curso de licenciatura em física do IFUSP, me deparei com situações que me deixaram extremamente desgostosa e conflitaram diretamente com os ideais que eu acreditava que todos os professores deveriam ter. Por outro lado, houve momentos em que eu me achei no curso, vi minhas expectativas sendo realizadas e meus ideais sendo confrontados por outras visões educacionais, que me engrandeceram como pessoa e me fizeram refletir sobre a profissional que gostaria de ser. Em outras palavras, vi minha própria visão de mundo sendo refletida, ampliada e complexificada. Nesses momentos, parecia que tudo fazia sentido: eu entendia o porquê de ter escolhido a licenciatura, o porquê de ter escolhido a Ciência e, mais do que tudo isso, o porquê de ter escolhido ser a profissional que eu sou hoje: professora de Física. O curso ganhou sentido na minha vida.

Eu me formei e adentrei minha primeira sala de aula como professora regular procurando imitar o Feliz. Quando planejava minhas primeiras aulas, eu tentava extrair da minha memória o que ele tinha dito, quais associações havia feito, qual exemplo tinha dado. Eu queria que todos os meus alunos se apaixonassem pelo que eu estava dizendo da mesma forma com que anos atrás eu me apaixonara. Não via a tarefa como

uma causa ganha, pelo contrário, eu sempre soube que haveria dificuldades e elas não só seriam inúmeras como também seriam gigantescas.

Desde aquela primeira aula em que eu fui a professora, as perguntas que não se calam dentro de mim não são muito diferentes das perguntas que grande parte dos meus colegas de profissão fazem a si mesmos incessantemente: de que forma eu posso melhorar? De que forma os meus alunos podem se interessar mais pelo conhecimento? De que forma posso fazer diferente? De que forma posso inovar?

Comecei então a me preocupar com o papel da inovação no contexto educacional e quais as contribuições que essas inovações podem trazer ao processo de ensino-aprendizagem. Dessa forma, resolvi estudar um caso em que uma metodologia inovadora fosse utilizada dentro de sala de aula. A situação escolhida foi a aplicação da metodologia SCALE-UP no Instituto de Física da USP, dentro de uma sala de aula de Física, buscando, de forma geral, compreender como essa metodologia pode contribuir para o aprendizado dos conceitos físicos.

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, desde os anos de 1970, o termo *inovação* tem sido associado, de forma quase que obrigatória e recorrente, ao campo educacional (MESSINA, 2001). A palavra *inovação* deriva do latim *innovatio*, que está relacionada com a ideia de *trazer coisas novas, alterar práticas vigentes*.

A busca por inovação, entendida, por exemplo, na definição do professor da Universidade da Pensilvânia Saikat Chaudhuri (KWHS, 2013), como uma sinergia entre invenção e empreendedorismo, tem sido tratada como o *Santo Graal* para acúmulo de riqueza e resolução de problemas, principalmente daqueles relacionados a aspectos organizacionais e empresariais.

Nos últimos anos, com o avanço da globalização e da internacionalização da educação (inicialmente no Ensino Superior), a área da educação passou a se organizar em uma estrutura de mercado (CHIZZOTTI, 2014a), incorporando conceitos, práticas e palavras oriundos do ambiente profissional e da área empresarial, entre eles, *ranking*, *competência* e *inovação*.

Essa transposição do conceito de *inovação* para a área da educação também associa o ato de inovar a um conjunto de propostas e intervenções que visam transformar ideias, atitudes e práticas pedagógicas (HARRES et al., 2017) em benefício último, pelo menos supostamente, da melhoria do processo de ensino-aprendizagem.

Entretanto, essa e outras definições para *inovação* carregam consigo a polissemia e a fragilidade do termo (MESSINA, 2001), uma vez que "em muitos casos, ela é tomada como um fim em si mesma e como a solução dos complexos e estruturais problemas da educação" (HARRES *et al.*, 2017, p. 333). Essa polissemia, pluralidade e complexidade do termo na área da educação também estão relacionadas com a frequente

associação a diversos conceitos dessa área, como *inovação pedagógica*, *inovação curricular*, *inovação educativa*, *inovação metodológica*, entre outros (LIMA et al., 2011).

> A inovação tem sido proposta e defendida sob diferentes e até contraditórias bases e direcionamentos. Para alguns, a chave da educação para o futuro está na tecnologia. [...] Outros segmentos defendem a inovação na lógica do mercado, nos quadros da política de empregabilidade e da qualificação profissional. [...] Outras abordagens têm proposto a inovação na linha formativa, no quadro de uma abordagem crítica, acolhendo iniciativas e alternativas organizacionais, curriculares e pedagógicas na perspectiva de um contrato educativo que valorize as possibilidades de crescimento pessoal, desenvolvimento profissional e responsabilidade social.
>
> Sob os mais diferentes pressupostos, a inovação ora se apresenta em proposições fundamentadas na racionalidade técnica, ora na visão crítica, em outros momentos nas características da modernidade ou da pós-modernidade, ou mais recentemente na linha da globalização e da internacionalização das universidades. Em alguns casos apresenta-se, ainda, na perspectiva de mudanças pontuais como alterações na metodologia, no sistema de avaliação, introdução de recursos tecnológicos de ponta, introdução de disciplinas com novas nomenclaturas ou outros aspectos isolados (FRANCO, 2014, p. 42-43).

Diante dessas complexidade e diversidade de aplicações, diversos autores (NÓVOA, 1988; MESINA, 2001; MASETTO, 2004, 2011, 2012; SEBARROJA, 2013) procuram definir o que seria inovação na área da educação.

Messina (2001) realiza uma análise histórica das transformações no conceito e na prática da inovação, desde seu caráter pré-definido e associado aos órgãos centrais dos sistemas de ensino na década de 1960 até o caráter autoral e contextual assumido pelas propostas a partir da década de 1990. A partir dessa análise destaca dois fatores que distinguem a inovação de demais propostas: “a) a alteração de sentido a respeito da prática corrente e b) o caráter intencional, sistemático e planejado, em oposição às mudanças espontâneas” (MESSINA, 2001, p. 226). Essa autora também enfatiza que

> atualmente a inovação é algo aberto, capaz de adotar múltiplas formas e significados, associados com o contexto no qual se insere. Destaca-se, igualmente, que a inovação não é um fim em si mesma, mas um meio de transformar os sistemas educacionais. Como corolário dessas premissas tem-se reafirmado a ideia de que a inovação é antes um processo que um acontecimento (MESSINA, 2001, p. 226-227).

A ideia de que a inovação não pode ser decretada nem imposta já era defendida por Nóvoa (1988, p.8): "A inovação não é um produto. É um processo. Uma atitude. É uma maneira de ser e de estar na educação. [...] a inovação é actividade, movimento: não é ser, mas sim devir; não é estar, mas sim ir sendo".

Já Sebarroja (2013) entende inovação "como um conjunto mais ou menos articulado de ideias, processos e estratégias que provocam mudanças nas práticas educativas vigentes" (SEBARROJA, 2013, p. 509-510). Entretanto, esse autor alerta que muitas propostas, apesar de se autodeclararem inovadoras, não podem ser classificadas como tal, uma vez que

> afetam somente a fachada: materiais curriculares mais modernos e sofisticados, listas de objetivos e competências concebidas sob a ótica tecnocrática, a supressão ou a introdução de novos conteúdos, as saídas de campo concebidas com um apêndice anedótico à margem do currículo e mediante uma abordagem transmissiva tradicional, o uso de técnicas e a realização de atividades teoricamente renovadoras, mas desprovidas de qualquer finalidade educativa e totalmente descontextualizadas, que acabam perdendo vigor e se convertendo em um puro e inútil ativismo... Assim, ao contrário, elas não questionam em absoluto a cultura escolar, propondo um outro tipo de conhecimentos mais relevantes, não alteram a vida cotidiana nas aulas, com um maior protagonismo e uma maior transferência de poderes aos alunos e professores, não transformam os processos de ensino e aprendizagem, não contribuem para construir comunidades escolares inclusivas e participativas (SEBARROJA, 2013, p. 510).

Nesse sentido, para que uma proposta inovadora seja bem-sucedida, é importante que os papéis, atitudes e performances dos protagonistas do processo

educativo sejam modificados para se adequarem a essa proposta, uma vez que esses protagonistas são, em última análise, os próprios educandos e educadores, além dos demais profissionais do ambiente educativo. Nessa perspectiva, o professor deve desenvolver um papel de mediador pedagógico, deixando de ser o centro da ação educacional, contribuindo para que o aluno se transforme em sujeito ativo e corresponsável pelo seu próprio processo de formação. Da mesma forma, para que a mudança seja sistêmica, os demais funcionários da escola devem, também, se envolver com o projeto, compreendendo-o e se dispondo a colaborar com as mudanças necessárias (MASETTO, 2011).

Masetto (2004) concorda com Sebarroja (2013) de que a temática da inovação na Educação Superior apresenta-se com diferentes conotações, muitas vezes associadas a alterações pontuais e técnicas na dinâmica da sala de aula, como a substituição de aulas expositivas por trabalhos em grupo ou a substituição da mídia papel pela mídia digital em diferentes tarefas escolares. Para o autor, o conceito de inovação na Educação Superior está, por outro lado, ligado ao

> conjunto de alterações que afetam pontos-chave e eixos construtivos da organização do ensino universitário provocadas por mudanças na sociedade ou por reflexões sobre concepções intrínsecas à missão da Educação Superior (MASETTO, 2004, p. 197).

Dessa forma, entendemos que a inovação nunca emerge com um caráter de neutralidade, mas, por outro lado, surge "como resultado de um contexto social, de determinada concepção de educação e como respostas a necessidades emergentes para as quais os paradigmas atuais já não oferecem encaminhamentos aceitáveis" (MASETTO, 2012, p. 16). Em outras palavras, uma transformação curricular se faz necessária quando a sociedade em que vivemos está em transformação e dela emergem novas demandas, tanto econômicas quanto sociais (MATTOS, 2019).

Nesse sentido, entendemos e defendemos o conceito de inovação pedagógica como um conjunto de intervenções e/ou transformações que se concretizam como produto de uma atividade humana no e com o ambiente educacional, incorporando ações novas e distintas daquelas da prática corrente ou, de outra forma, incorporando novas mediações que atribuam novos sentidos à atividade que vinha sendo desenvolvida.

No atual momento histórico, o papel da formação acadêmica em nível superior passou a abarcar aspectos além daqueles associados exclusivamente ao conhecimento técnico, sendo necessário desenvolver também outras habilidades e competências na formação de um profissional, como o trabalho em equipe, a gestão de pessoas, a capacidade de se adaptar a novas situações e de empregar os conhecimentos adquiridos em contextos distintos dos já experimentados, a busca de soluções criativas, a aceitação da crítica, a fluência em outros idiomas, entre outras (MASETTO, 2004). Em resumo, Masetto (2004) aponta que a "educação superior e a pesquisa na universidade estão exigindo cada vez mais o conhecimento interdisciplinar, cooperativo, integrado" (MASETTO, 2004, p. 199).

Sob essa perspectiva, especificamente quando pensamos no ensino superior, não se trata de defender que o mercado de trabalho deva ditar as regras de como os profissionais serão formados, mas de que mudanças significativas em nossa sociedade estão ocorrendo e, consequentemente, afetando o exercício das mais diferentes profissões, o que, por sua vez, exige inovações no ensino superior para formar esses profissionais (MASSETO, 2012).

Entretanto, qualquer movimento de inovação pedagógica carrega em si mesmo uma contradição, uma vez que, segundo Nóvoa (1988), há pelo menos um século, somente os movimentos periféricos são verdadeiramente inovadores. Porém, para que

esses movimentos tenham alcances reais e efetivos, é necessário que eles sejam generalizáveis. E é justamente essa generalização que conduz inevitavelmente à descaracterização e deturpação de um movimento inicialmente inovador.

É frequente, atualmente, a transposição e a aplicação de novas metodologias de ensino, desenvolvidas em um contexto educacional específico, em outros ambientes educacionais. Por exemplo, recentemente, temos a proliferação de uma *sopa de letrinhas* (SCALE-UP, PI, PUM, REACT, JiTT, Isle, entre outros) no ambiente universitário (MATTOS, 2019).

Essas novas propostas são consideradas como boas soluções para as novas demandas educacionais. Entretanto, Mattos (2019) concorda com Nóvoa (1988), ao apontar que a generalização, em particular na área da Educação, tende a ignorar as especificidades de cada contexto, com suas diferentes demandas culturais e sociais.

1.1. Objetivos da pesquisa

Ao longo desse trabalho de pesquisa, construímos uma narrativa sobre o projeto SCALE-UP, desde sua forma inicial, desenvolvida na Universidade Estadual da Carolina do Norte. Investigamos as concepções de ensino e de aprendizagem nas quais se baseiam a metodologia SCALE-UP; as atividades e as dinâmicas dentro e fora de sala de aula e as diferentes relações que se estabelecem na atividade desenvolvida nesse projeto no IFUSP.

Procuramos compreender, de forma mais geral, quais as condições que possibilitam a introdução e a implementação de uma nova proposta metodológica de ensino em uma instituição de ensino superior, por meio do caso particular do uso da metodologia SCALE-UP no Instituto de Física da Universidade de São Paulo (IFUSP).

Nosso principal objeto de investigação é o de compreender o processo que levou à escolha, à implementação e a manutenção do uso da metodologia SCALE-UP no IFUSP. Assim, investigamos, além do desenvolvimento histórico da metodologia, sua inserção no Instituto de Física, bem como as adaptações realizadas no processo de sua utilização no contexto mais geral do IFUSP, em particular no contexto específico das disciplinas básicas *Física 1* e *Física 2* do curso de Bacharelado em Física.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Neste trabalho de pesquisa estamos utilizando como aporte teórico a Teoria da Atividade (LEONTIEV, 2004; ENGESTRÖM, 1987), proposta inicialmente por Alexei Leontiev e aprofundada por Yrjö Engeström, e a Teoria Socio-Cultural-Histórica do Desenvolvimento Humano elaborada por Lev Vigotski (MARENITCH, FREITAS e PINO, 2000).

Engeström (1996) sugere que o desenvolvimento da Teoria da Atividade pode ser compreendida como o desenvolvimento de uma unidade de análise, que inicialmente se caracterizava pelo conceito de ação mediada, proposta por Vigotski, depois ampliada com o conceito de atividade, inicialmente proposto por Leontiev, e por fim, o conceito de cadeias coordenadas de múltiplas atividades concretizadas por um objeto híbrido (ENGESTRÖM, 2009).

De modo geral, podemos considerar que a Teoria da Atividade Sócio-Cultural-Histórica se inicia com os trabalhos desenvolvidos pelo bielo-russo Lev Semyonovitch Vigotski[1], nascido em 17 de novembro de 1896, na cidade de Orsha (OLIVEIRA, 1997).

[1] Encontra-se na literatura diferentes formas de grafia para o nome de Lev Semyonovitch Vigotski. Neste trabalho, será adotada a forma anteriormente citada e, para as referências bibliográficas, manteremos a grafia encontrada na obra consultada. O nome do autor, em russo, é Лев Семёнович Выготский.

2.1. Vigotski e a Teoria Socio-Cultural-Histórica do Desenvolvimento Humano

Os trabalhos de Vigotski foram desenvolvidos no início do século XX e suas pesquisas estiveram centradas no desenvolvimento do indivíduo e da espécie humana como resultado de um processo sócio-cultural-histórico, enfatizando o papel da linguagem e da aprendizagem nesse desenvolvimento (VIGOTSKI, 2010)

Neste contexto histórico, havia a figura do russo Ivan Pavlov liderando um programa de pesquisa experimental baseado nos princípios da reflexologia, que, mais tarde, culminaram no desenvolvimento da psicologia e das teorias de aprendizagem behavioristas (ou comportamentalistas). Por outro lado, havia também a figura do suíço Jean Piaget que buscava compreender por um viés interacionista como ocorre a construção do conhecimento humano, acentuando os aspectos estruturais biológicos por meio da proposição de estágios do desenvolvimento cognitivo nos indivíduos.

Se, por um lado, a reflexologia reduzia a consciência a um conjunto de reflexos e a aprendizagem a uma série de respostas condicionadas, a teoria piagetiana, por outro, defendia o desenvolvimento como uma sequência fixa e universal de estágios e compreendia a aprendizagem como dependente das estruturas cognitivas atuais do indivíduo (PIAGET, 1999).

Vigotski criticou os fundamentos da reflexologia, pois, para ele a relação direta entre estímulo e resposta não seria capaz de explicar processos cognitivos superiores nem o desenvolvimento da cognição (VIGOTSKY, 2005).

> A negação da consciência e a tendência a construir o sistema psicológico sem esse conceito – como uma "psicologia sem consciência", segundo expressão de P. P. Blonski – fazem com que os métodos se vejam privados dos meios mais fundamentais para investigar essas reações não manifestadas nem aparentes à primeira vista, tais como os movimentos internos, a fala interna, as reações

> somáticas etc. Limitar-se a estudar reações visíveis à primeira vista resulta estéril e injustificado, inclusive no que se refere aos problemas mais simples do comportamento humano (VIGOTSKY, 2005, p. 57).

Vigotski admite a relação direta estímulo-resposta, defendida por Pavlov, em formas elementares de comportamento, contudo, afirma que a estrutura de funções psicológicas superiores (mais complexas) requer um "elo intermediário entre o estímulo e a resposta" (VIGOTSKI, 2007, p. 33) – um instrumento, conforme esquematizado na Figura 1.

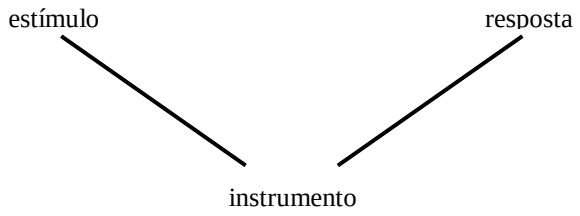

Figura 1: Relação mediada entre estímulo e resposta, adaptada de Vigotski (2007, p. 33).

> Toda forma elementar de comportamento pressupõe uma reação direta à situação-problema defrontada pelo organismo (o que pode ser representado pela fórmula simples (S—R). Por outro lado, a estrutura de operações com signos requer um elo intermediário entre o estímulo e a resposta. Esse elo intermediário é um estímulo de segunda ordem (signo), colocado no interior da operação, onde preenche uma função especial; ele cria uma nova relação entre S e R. O termo "colocado" indica que o indivíduo deve estar ativamente engajado no estabelecimento desse elo de ligação. Esse signo possui, também, a característica de ação reversa (isto é, ele age sobre o indivíduo e não sobre o ambiente).
> Consequentemente, o processo simples estímulo-resposta é substituído por um ato complexo, mediado (VYGOTSKY, 2007, p. 33).

Para Vigotski, essa mediação não ocorre apenas como *elo de ligação* entre o estímulo e a resposta, mas em qualquer atividade humana: há sempre um instrumento mediando a relação entre o sujeito e o seu objeto de interesse. Dessa forma, os

elementos ilustrados na Figura 1 podem ser compreendidos, de forma mais abrangente, em termos de sujeito e objeto, como ilustrado na Figura 2.

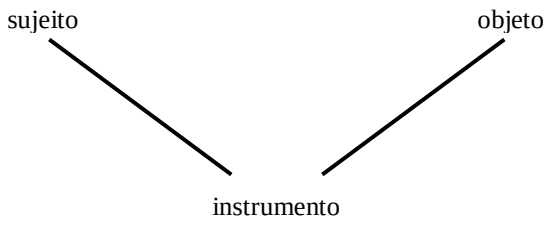

Figura 2: Relação mediada entre sujeito e objeto

Não necessariamente o objeto se refere a um artefato material como uma maçã ou uma carta, objetos costumeiramente compreendidos como tal no senso comum, mas se refere também a conceitos e a linguagem, normalmente relacionados com o processo de aprendizado dos sujeitos.

O instrumento, da mesma forma, pode ser caracterizado por objetos materiais mais imediatos, mas também por conceitos ou elementos da linguagem. Por exemplo, para que o sujeito possa escrever uma carta, além de utilizar instrumentos como papel e caneta, deve também conhecer as palavras, as estruturas frasais e a escrita, para atingir o seu objeto de interesse.

É importante destacar que essas funções do objeto e instrumento, não são fixas ou pré-determinadas, mas, ao contrário, dinâmicas e fluidas: no exemplo citado acima, o conhecimento atua como instrumento mediador entre o sujeito e o objeto de interesse, no caso, a carta; entretanto, o conhecimento pode ser também o próprio objeto de interesse do sujeito e, nessa situação, a mediação é desempenhada por outro instrumento, como as palavras e seus respectivos sentidos e significados, ou seja, a linguagem.

Nesse sentido, Vigotski defende que

> A educação não pode ser qualificada como o desenvolvimento artificial da criança. A educação é o domínio artificial dos processos naturais de desenvolvimento. A educação não apenas influi em alguns processos de desenvolvimento, mas reestrutura as funções do comportamento em toda sua amplitude (VIGOTSKI, 1996, p. 99).

Em outras palavras, para Vigotski, a educação deve ser um instrumento para que o indivíduo se aproprie dos instrumentos criados e desenvolvidos pelos humanos ao longo da História, ou seja, um instrumento para que os sujeitos se desenvolvam e se construam como seres humanos.

A concepção do desenvolvimento cognitivo humano, para Vigotski, apoia-se justamente na interação entre o sujeito e o meio. As pessoas, na tentativa de compreender aquilo que vivenciam e de explicar aquilo que lhes é estranho, constroem hipóteses que lhes parecem razoáveis. Ou seja, elas vão construindo os seus conhecimentos por meio da interação com o meio em que vivem.

> A concepção interacionista de desenvolvimento apoia-se, portanto, na ideia de interação entre organismo e meio e vê a aquisição de conhecimento como um processo construído pelo indivíduo durante toda a sua vida, não estando pronto ao nascer nem sendo adquirido passivamente graças às pressões do meio. Experiências anteriores servem de base para novas construções que dependem, todavia, também da relação que o indivíduo estabelece com o ambiente em uma situação determinada.
>
> [...]
>
> É através da interação com outras pessoas, adultos e crianças que, desde o nascimento, o bebê vai construindo suas características (seu modo de agir, de pensar, de sentir) e sua visão de mundo (seu conhecimento) (DAVIS & OLIVEIRA, 2010, p. 43).

Essa concepção interacionista tem sido associada aos trabalhos de Jean Piaget e Lev Vigotski, que concebem a criança como um ser ativo, atento, que constantemente

elabora hipóteses sobre o mundo ao seu redor. Entretanto, o ponto de maior desacordo entre ambos os pesquisadores reside na relação entre a aprendizagem e o desenvolvimento da criança. Enquanto Piaget, privilegiando a maturação biológica, defende que os fatores biológicos preponderam sobre os interacionais, postula que o desenvolvimento segue uma sequência fixa e universal de estágios (sensório-motora, pré-operatória, operatório-concentra e operatório-formal). Vigotski, por outro lado, reconhece que o ambiente social no qual a criança nasce e vive exerce um papel fundamental sobre o seu desenvolvimento, ou seja, para este autor, os fatores externos prevalecem sobre os internos, não sendo possível aceitar uma visão única e universal de desenvolvimento humano.

Em outras palavras, para Piaget, o desenvolvimento ocorre do indivíduo para o social. Já Vigotski entende que o sujeito já nasce num mundo social e, desde o nascimento, vai formando uma visão de si mesma e do próprio mundo por meio da interação com adultos e/ou crianças mais experientes. A construção do conhecimento é, portanto, mediada pelo interpessoal antes de ser internalizada pela criança. Desta forma, procede-se do social para o individual, ao longo do seu desenvolvimento.

Em resumo, Vigotski afirma que o homem é uma personalidade social, ou seja, o conjunto de relações sociais encarnado no indivíduo[2] (MARENITCH, FREITAS & PINO, 2000). Assim, o homem se desenvolve a partir de interações sociais integradas a

---

[2] *What is man?*
For Hegel, he is a logical subject.
For Pavlov, it is a soma, an organism.
For us, man is a social person: an aggregate of social relations, embodied in an individual.

O que é o homem?
Para Hegel, ele é um sujeito lógico.
Para Pavlov, aquilo é uma somatória, um organismo.
Para nós, o homem é uma pessoa social: um agregado de relação sociais, incorporado em um indivíduo (tradução nossa).
(Vygotsky *apud* SIRGADO, 2000).

uma determinada cultura. Contudo, esse desenvolvimento sócio-cultural do sujeito não pode ser dissociado do momento histórico no qual o sujeito está inserido, razão pela qual, hoje, se compreende as contribuições de Vigotski como Teoria Sócio-Cultural-Histórica do Desenvolvimento Humano.

> Podemos dizer que cada indivíduo *aprende* a ser um homem. O que a natureza lhe dá quando nasce não lhe basta para viver em sociedade. É-lhe ainda preciso adquirir o que foi alcançado no decurso do desenvolvimento histórico da sociedade humana (LEONTIEV, 1978, p. 267).

Para Vigotski, o processo de formação do pensamento é despertado e acentuado pela vida social e pela constante comunicação que se estabelece entre crianças e adultos, a qual permite a assimilação da experiência de muitas gerações. Nesse sentido, Vigotski critica as investigações psicológicas relacionadas ao problema da aprendizagem, pois estas "limitaram-se a estabelecer o nível de desenvolvimento intelectual da criança" (VIGOTSKI, 2010, p. 326) por meio de problemas que a criança deve resolver sozinha, possibilitando, com esse método, estabelecer apenas o que a criança já amadureceu até o dia de hoje, definido como o seu *nível de desenvolvimento atual*. Entretanto, o estado de desenvolvimento não pode, na visão de Vigostki, ser determinada apenas pela parte madura. Analogamente, Vigotski aponta:

> Como um jardineiro que, para definir o estado de todo o jardim, não pode resolver avalia-lo apenas pelas macieiras que já amadureceram e deram frutos, mas deve considerar também as árvores em maturação, o psicólogo que avalia o estado do desenvolvimento também deve levar em conta não só as funções já maduras, mas aquelas em maturação, não só o nível atual, mas também a zona de desenvolvimento imediato (VIGOTSKI, 2010, p. 326-327).

Vigotski propõe, então, um novo procedimento metodológico para avaliar o nível de desenvolvimento de crianças, por meio da resolução de problemas mais complexos, de forma assistida, com auxílio de um parceiro mais experiente. Esse nível de desenvolvimento, alçando por meio da ajuda de outro, em cooperação e por sugestão, é conhecido como *nível de desenvolvimento potencial* (VIGOTSKI, 2010).

Assim, com o convívio do indivíduo com parceiros mais experientes ou capazes, desenvolve-se uma *zona de desenvolvimento imediato*, que se refere à distância entre o *nível de desenvolvimento atual* e o *nível de desenvolvimento potencial* (VIGOTSKI, 2010). Entretanto, Vigotski aponta que

> a criança só pode imitar o que se encontra na zona das suas próprias potencialidades intelectuais. Assim, se eu não sei jogar xadrez, isto é, se até mesmo o melhor enxadrista me mostrar como ganhar uma partida, eu não vou conseguir fazê-la. Se eu sei aritmética, mas tenho dificuldade de resolver algum problema complexo, a mostra da solução pode me levar imediatamente à minha própria solução, mas se eu não sei matemática superior a mostra da solução de uma equação diferencial não fara meu próprio pensamento dar um passo nesta direção. Para imitar, é preciso ter alguma possibilidade de passar do que eu sei fazer para o que não sei (VIGOTSKI, 2010, p. 328).

Deste modo, para a aprendizagem, o nível de desenvolvimento potencial de hoje corresponderá ao nível de desenvolvimento atual de amanhã. Em outras palavras, aquilo que o indivíduo é capaz de fazer em colaboração com alguém hoje (por meio da imitação) será aquilo que esse indivíduo será capaz de fazer sozinho amanhã, em um processo de apropriação de significados e estabelecimento de sentidos.

2.2. Leontiev e a Teoria da Atividade Humana

Discípulo de Vigotski, Leontiev (1978) desenvolveu uma corrente que recebeu o nome de Teoria da Atividade Humana, tema central na psicologia soviética. Nessa teoria, a atividade é compreendida como o processo no qual a realidade, a qual um sujeito está inserido, é transformada pela sua ação criativa.

Segundo Leontiev (1978), o homem desenvolve artefatos (ferramentas), que atuam como instrumentos mediadores dentro da atividade. Ao longo do tempo, esses artefatos foram gradativamente sendo aprimorados, em uma relação dialética: ao mesmo tempo em que o homem modifica a natureza, ele também modifica a si próprio, desenvolvendo habilidades e conhecimentos que antes não possuía. Esse desenvolvimento, por sua vez, não só complexifica as atividades nas quais o homem se encontra inserido, como também amplia a gama de atividades nas quais ele poderá se inserir.

Esse processo de complexificação está relacionado, para Leontiev (1978), com a aquisição pelo indivíduo das significações, ou seja, com a apropriação individual das experiências humanas ao longo das gerações.

> O homem encontra um sistema de significações pronto, elaborado historicamente, e apropria-se dele tal como se apropria de um instrumento, esse precursor material da significação. O facto propriamente psicológico, o facto da minha vida, é que eu me aproprie ou não, que eu assimile uma determinada significação, em que grau eu a assimilo e também o que ela se torna para mim, para a minha personalidade; este último elemento depende do sentido subjectivo e pessoal que esta significação tenha para mim (LEONTIEV, 1978, p. 96).

Em outras palavras, a significação é o elemento de um conceito construído social e historicamente, que não depende das relações pessoais com o indivíduo,

enquanto que o sentido é uma relação que se estabelece no contexto individual da vida do sujeito, na atividade em que ele se encontra imerso: é a relação entre o motivo e o fim de sua atividade, ou seja, entre aquilo que o estimula a agir e o resultado para o qual a sua ação está voltada.

Leontiev (1978) exemplifica essa relação propondo a situação de um estudante lendo uma obra científica que lhe foi indicada. O fim consciente de sua leitura é a assimilação do conteúdo da obra. Contudo, se o motivo pelo qual se engaja em sua leitura é a busca por se preparar para sua futura profissão, o sentido que esta adquirirá será um, mas se, por outro lado, o motivo estiver ligado com a simples formalidade de passar em uma prova, o sentido de sua leitura será outro, talvez completamente diferente, pois o estudante a lerá de outra forma.

A organização da vida humana em sociedade foi marcada por um distanciamento entre o motivo e o fim da atividade. Sendo o homem um ser social, a atividade humana baseia-se, em menor ou maior grau, na cooperação entre os indivíduos, cujas ações, quando coordenadas, levam à emergência de uma atividade maior. Para Leontiev (1978), as ações correspondem aos processos nos quais o objeto e o motivo não coincidem.

Para ilustrar essas distinções, Leontiev (1978) utiliza-se, como exemplo, da organização de caçadores primitivos. Entre os caçadores presentes no grupo, há funções diferentes: o batedor é responsável por assustar a caça, conduzindo-a em direção aos demais caçadores, que serão responsáveis pelo abate. As ações dos batedores e dos abatedores são motivadas pela necessidade de alimento e da obtenção de vestes. Entretanto, no caso dos batedores, o resultado de sua ação específica (assustar a caça) não pode, isoladamente, satisfazer a necessidade de alimento ou de vestuário. Assim,

aquilo para que estão orientadas as suas ações (o objeto) não coincide com o seu motivo, ou seja, objeto e motivo estão dissociados.

> Geneticamente (isto é, pela sua origem), a separação entre o motivo e o objecto da actividade individual é o resultado do parcelamento em diferentes operações de uma actividade complexa, inicialmente "polifásica", mas única (LEONTIEV, 1978, p. 77).

Por fim, Leontiev (1978) destaca que, ao longo da aprendizagem de uma ação complexa, "vemos, portanto, que os elos que a compõem se formam inicialmente como acções separadas e só se transformam em operações ulteriormente" (LEONTIEV, 1978, p. 104).

Para distinguir ações, de operações, ele se utiliza da comparação entre um atirador experiente e outro novato. No primeiro caso, quando o atirador atinge o alvo, ele realizou uma ação bem determinada, mas que se caracteriza com uma série de operações (posicionar-se adequadamente, segurar a arma, mirar, avaliar as condições para o tiro e atirar), cada uma respondendo às condições determinadas da ação dada (atirar em um alvo).

Para o caso do atirador experiente, ele não pensa isoladamente em cada etapa mencionada anteriormente; ele simplesmente atira. Por outro lado, no caso de um atirador novato, ele deve pensar conscientemente em cada um dos passos: *agora devo fixar o pé*, *agora devo posicionar a arma no ombro*, *agora devo destravar a arma*, etc. Leontiev (1978) aponta, então, que operações correspondem a ações que foram internalizadas, por meio da prática, que promove a transformação de um conteúdo consciente para um conteúdo inconsciente.

Na Figura 3, encontra-se uma representação esquemática da hierarquia entre atividade, ações e operações: uma ação emerge da coordenação de uma série de operações e tais ações coordenadas levam à emergência de uma atividade.

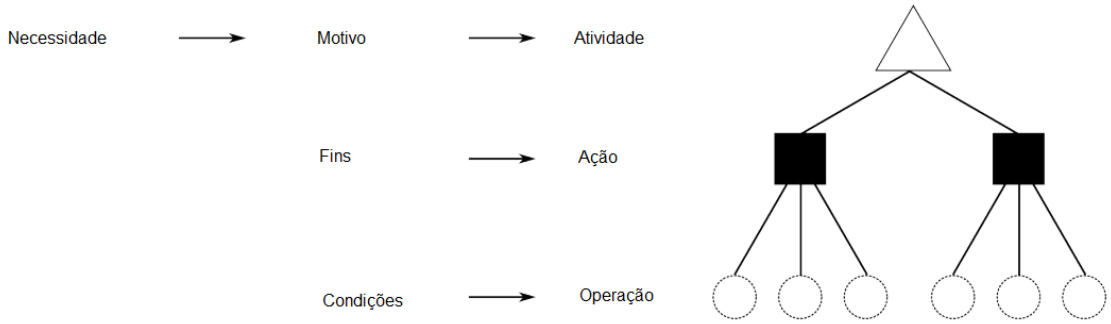

Figura 3: Esquema das relações hierárquicas entre atividade, ações e operações (RODRIGUES, 2013, p. 127).

2.3. Engeström e a complexificação da atividade humana

Engeström, na tentativa de ampliar a compreensão acerca da atividade humana, explicita elementos da relação sujeito-objeto, que, até então, se encontravam nas entrelinhas do trabalho desenvolvido por Leontiev, de forma a novamente complexificar essa relação (ENGESTROM, 1987). Assim, insere as *regras*, a *comunidade* e a *divisão social do trabalho* como mediadores entre os elementos-base da atividade (Sujeito, Objeto e Comunidade). Engeström também reforça que o modelo, conforme esquematizado na Figura 4, "é, na realidade, a menor e mais simples unidade que ainda preserva essencial unicidade e integral qualidade que há por trás de qualquer atividade humana" (ENGESTRÖM, 1987, p. 97 – tradução nossa).

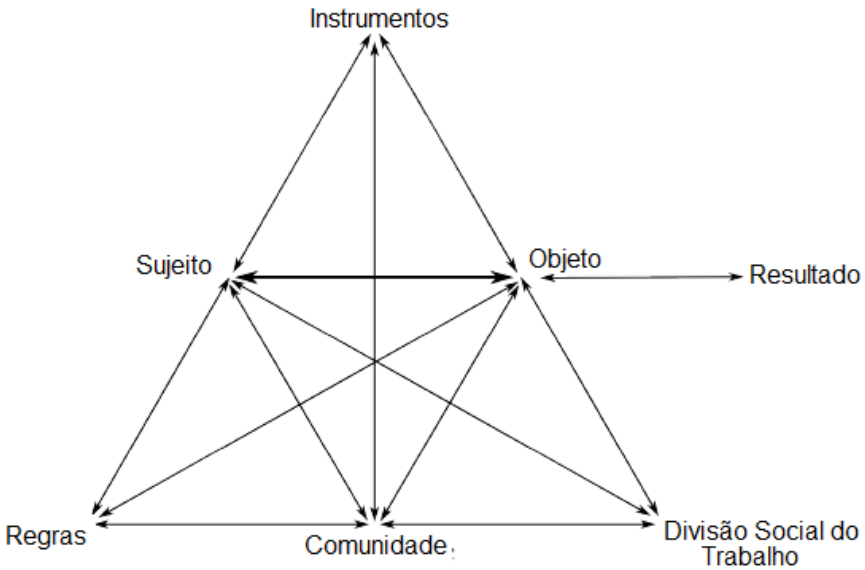

Figura 4: Representação esquemática da atividade proposta por Engeström (1987 – tradução nossa).

Dentro desse modelo, tem-se que o sujeito pertence a uma determinada comunidade, que compartilha o objeto da atividade. Sujeito e comunidade são mediados pelas regras (por exemplo, as normas, padrões e leis que regem as relações entre o sujeito e a comunidade na qual está inserido) e, por sua vez, a mediação entre

comunidade e objeto é realizada pela divisão social do trabalho, a qual reflete as diferentes funções ou formas com que o trabalho de realização da atividade são desenvolvidas pelos membros da comunidade.

Além disso, de acordo com Engeström (2001), essa estrutura, de uma atividade particular, necessita ser inserida em um conjunto articulado de atividades ou sistemas de atividades. A Figura 5 representa a interação entre duas atividades cujos objetos são compartilhados e, nesse processo de interação entre as atividades emerge um terceiro objeto, ou seja, uma nova atividade.

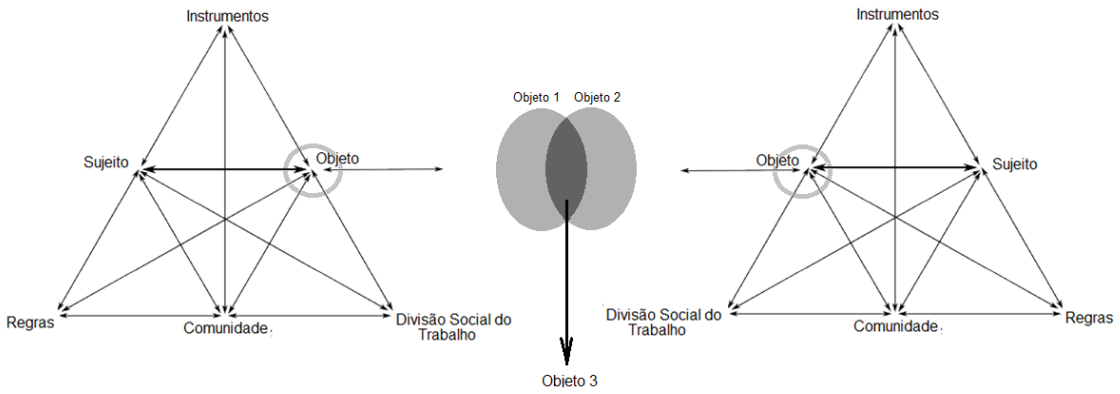

Figura 5: Interação entre duas atividades cujos objetos são compartilhados (ENGESTRÖM, 2001, p. 136 – tradução nossa)

Entretanto, esta estrutura não reflete a estrutura hierárquica que a atividade pode assumir, como visto na Figura 3. Para se entender a hierarquia, é necessário compreender as ações como atividades em nível hierárquico inferior à atividade principal. A representação de atividades hierarquicamente inferiores sendo articuladas e levando à emergência de uma atividade hierarquicamente superior pode ser encontrada na Figura 6. Nessa figura estão representados três níveis hierárquicos de atividades, mas

é importante salientar que estes, por sua vez, estão coordenados tanto com outros níveis hierarquicamente superiores quanto inferiores.

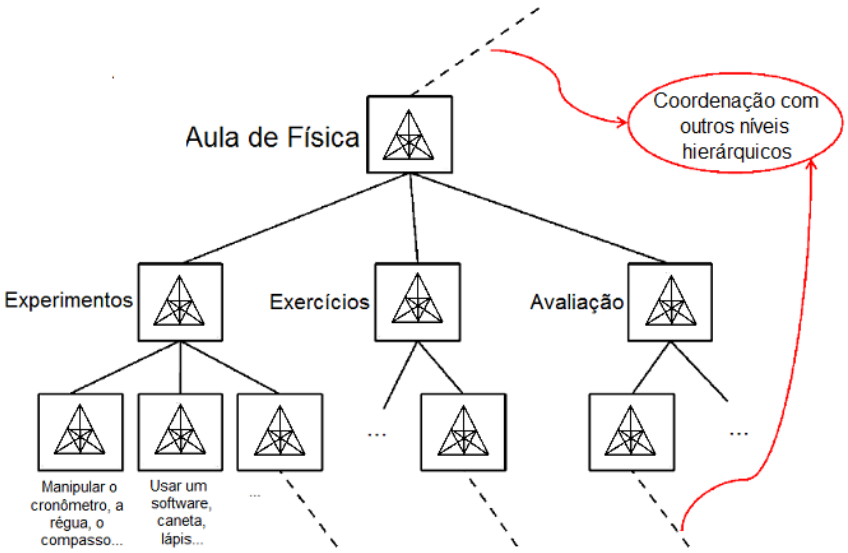

Figura 6: Representação esquemática da atividade em níveis hierárquicos (MATTOS, 2016, p. 111)

Esse modelo permite compreender atividades complexas com muitos níveis hierárquicos, seja no caso de uma aula de física (como ilustrada na Figura 6), seja no caso do objeto de pesquisa deste trabalho, isto é, os diferentes momentos das aulas (como os momentos de aula teórica convencional, de resolução de exercícios em grupo e de experimentação) sendo coordenados internamente às disciplinas de *Física 1* e *Física 2*, que, por sua vez, são coordenadas com outra gama de disciplinas que levam à emergência do curso de Bacharelado em Física do IFUSP.

Engeström (2001) enuncia cinco princípios que auxiliam em um melhor delineamento do que pode ser compreendido como uma atividade. O primeiro princípio destaca que *a atividade humana é sempre direcionada para um objeto*. Em outras palavras, a atividade sempre se organiza em torno de um objeto que é a concretização do motivo pelo qual a atividade se realiza.

O segundo princípio destaca *a múltipla-vocalidade*[3] *de um sistema de atividades.* Um sistema de atividades sempre se desenvolve em uma comunidade com múltiplos pontos de vista, tradições e interesses. Além disso, por meio da divisão social do trabalho, existem múltiplas possibilidades de posições a serem ocupadas pelos participantes da atividade.

O terceiro princípio é *a historicidade.* Sistemas de atividades complexas são desenvolvidos, ganham forma e se transformam ao longo de grandes períodos de tempo. Os problemas e potenciais da atividade só podem ser compreendidos frente à própria história da atividade.

O quarto princípio é o de que as atividades são movidas por *contradições.* Contradições são tensões estruturais historicamente acumuladas internamente à atividade e nas relações com outras atividades. Ou seja, constituem as bases da dinâmica social interna à atividade.

O quinto princípio é o da *expansão.* A dinâmica de um sistema de atividades é composta por longos ciclos de transformação e desenvolvimento, que permite a expansão da própria atividade.

Esses cinco princípios nos auxiliam na construção da narrativa acerca de nosso objeto de pesquisa. A descrição realizada da atividade é feita por meio desses princípios. Eles nos auxiliam a *organizar* os dados a serem analisados e o recorte a ser realizado. Por meio deles, podemos caracterizar a atividade de uma forma dinâmica localizando e delimitando os elementos que a constituem e sustentam, assim como os elementos históricos e culturais nas quais a atividade está inserida e se desenvolve.

[3] O termo originalmente utilizado é *multi-voicedness*.

3. METODOLOGIA

3.1. Introdução

Como mencionado anteriormente, o objetivo geral desta pesquisa reside em analisar a introdução e a manutenção da metodologia SCALE-UP nas disciplinas de *Física 1* e *Física 2* do curso de Bacharelado em Física no IFUSP. É importante destacar que compreendemos nosso objeto de pesquisa sob a óptica da Teoria da Atividade Sócio-Cultural-Histórica, apresentada e discutida anteriormente, uma vez que a introdução e manutenção do SCALE-UP nas disciplinas mencionadas pode ser compreendida como uma atividade, pois pode ser caracterizada e delimitada pelos princípios propostos por Engeström (2001).

No que diz respeito ao *objeto para o qual a atividade se volta*, os professores responsáveis pela disciplina de *Física 2* no ano de 2016 afirmam que se trata de engajar os estudantes das disciplinas de *Física 1* e *Física 2* na aprendizagem de Física, por meio da utilização de princípios fundamentais na modelagem de fenômenos físicos (VIEIRA *et al.*, 2016a).

A atividade é composta de uma cadeia coordenada de ações e se desenvolve dentro da comunidade do IFUSP. Dessa forma, seus sujeitos tem uma divisão de trabalho em função das diferentes posições que ocupam, como, por exemplo, os professores realizam ações distintas daquelas realizadas pelos monitores, que, por outro lado, realizam ações distintas daquelas dos alunos, os quais, por sua vez, têm funções diferentes entre si. É essa variedade de ações que permitem diferentes pontos de vista e interesses, os quais conferem *múltipla-vocalidade* à atividade.

O *caráter histórico* da atividade pode ser identificado tanto no desenvolvimento e nas transformações da metodologia SCALE-UP, desde seu

surgimento na década de 1990 na Universidade Estadual da Carolina do Norte, até sua particular implementação no IFUSP, quando são desenvolvidas mudanças nas próprias disciplinas em que a metodologia passou a fazer parte. Da mesma forma que tais disciplinas estão imersas na história do curso de Bacharelado em Física, o curso, por sua vez, está imerso na história do Instituto de Física e da Universidade de São Paulo.

Como toda atividade, esta é colocada em movimento por meio de *contradições*, que podem ser identificadas tanto no contexto específico das disciplinas de *Física 1* e *Física 2* quanto na totalidade do curso de Bacharelado em Física ou no Instituto de Física em que estes encontram-se inserido. Em outras palavras, são tensões estruturais historicamente acumuladas nas relações com outras atividades e entre os níveis hierárquicos internos à própria atividade estudada.

Por fim, atividades têm um caráter expansivo que se expressa no próprio desenvolvimento da metodologia SCALE-UP. Ao longo do último quarto de século, a metodologia passou a ser aplicada em mais de 250 locais apenas nos EUA (NCSU, 2011), os quais estudaram, modificaram e ampliaram a compreensão acerca da aplicabilidade e possibilidades de contribuições dessa metodologia. Além disso, há relatos dos responsáveis pela implementação do SCALE-UP no IFUSP (CASTRO, 2015) enfatizando a importância dos três anos de planejamento e de estudo para que a metodologia, utilizada nas disciplinas *Física 1* e *Física 2*, passasse do modelo tradicional expositivo para uma forma mais próxima da proposta do SCALE-UP. Além disso, é destacado que há a possibilidade do curso de Bacharelado em Física expandir o uso dessa metodologia para as disciplinas *Física 3* e *Física 4*.

3.2. Método da pesquisa

A pesquisa aqui proposta baseia-se em uma investigação de cunho qualitativo, que se caracteriza pelo fato do ambiente estudado ser a fonte direta de dados e informações, além de a pesquisadora ter sido parte integrante do processo de pesquisa e interpretar os fenômenos observados de forma a atribuir-lhes um significado (CHIZZOTTI, 2010).

> A abordagem qualitativa parte do fundamento de que há uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito, uma interdependência viva entre o sujeito e o objeto, um vínculo indissociável entre o mundo objetivo e a subjetividade do sujeito. O conhecimento não se reduz a um rol de dados isolados, conectados por uma teoria explicativa; o sujeito-observador é parte integrante do processo de conhecimento e interpreta os fenômenos atribuindo-lhes um significado. O objeto não é um dado inerte e neutro; está possuído de significados e relações que sujeitos concretos criam em suas ações (CHIZZOTTI, 2010, p. 79).

Nesse sentido, no processo de investigação, o pesquisador estabelece significados das ações por meio das relações estabelecidas internamente às estruturas sociais presentes na atividade estudada.

Uma vez que o objetivo proposto envolve a investigação de uma atividade específica desenvolvida por um grupo delimitado e restrito de pessoas, este trabalho pode ser compreendido nos termos da perspectiva da pesquisa etnográfica. Tal perspectiva, está relacionada a um "modo de descrição social científica de uma pessoa ou da configuração cultural de uma população" (CHIZZOTTI, 2014b, p. 65), que, conforme Spradley (1979), pode se tratar tanto de um pequeno grupo tribal em uma localidade exótica como de uma turma de uma escola ou universidade.

Segundo Chizzotti (2014b), a pesquisa etnográfica parte do pressuposto fundamental de que

> a interação direta com as pessoas na sua vida cotidiana pode auxiliar a compreender melhor suas concepções, práticas, motivações, comportamentos e procedimentos, e os significados que atribuem a essas práticas (CHIZZOTTI, 2014b, p. 65).

Para melhor compreensão do objeto de pesquisa mencionado anteriormente, será necessária uma coleta de dados, para embasar as discussões realizadas, a qual se utiliza de

> uma variedade de estratégias e diversidade de técnicas, a partir de observações participantes e contextualizadas e de anotações feitas em campo, com o objetivo de fazer uma descrição interpretativa do modo de vida, da cultura e da estrutura social do grupo pesquisado. Recorre assim a observação participante, entrevista, história de vida, autobiografias, práticas interacionistas de coleta de dados e quaisquer outros meios de coligir informações sugeridos pelo trabalho de campo gerados por observações atentas (CHIZZOTTI, 2014b, p. 72).

Assim, a primeira etapa do trabalho desenvolvido envolveu a observação participante das aulas da disciplina de *Física 2* no segundo semestre de 2016, que corresponde a uma investigação que se caracteriza por um período de interações sociais entre o investigador e os sujeitos, durante o qual são recolhidos, de forma sistemática (BOGDAN; TAYLOR, 1975), dados sobre

> os sujeitos em seus aspectos pessoais e particulares, o local e suas circunstâncias, o tempo e suas variações, ações e significados, os conflitos e a sintonia de relações interpessoais e sociais, e as atitudes e comportamentos diante da realidade (CHIZZOTTI, 2010, p. 90).

Dentre as formas de observação participante possíveis, escolhemos a observação participante periférica, pois consideramos indispensável um determinado nível de pertencimento ao grupo estudado para apreender os significados e interações estabelecidas no grupo (ADLER; ADLER, 1987). Buscamos uma perspectiva interna e

próxima dos sujeitos, das atividades e da própria estrutura social, sendo que a melhor maneira para desenvolver esse olhar é a participação interna à atividade. Entretanto, nesse tipo de observação, o pesquisador não interage sistematicamente com os sujeitos, nem desempenha nenhuma função na atividade estudada. Por este motivo, a pesquisadora não assumiu nenhum papel ativo, como por exemplo o de um monitor na disciplina.

Durante o acompanhamento das aulas, foram registradas nossas observações e percepções por escrito, em um caderno de campo. Em alguns momentos, interagimos com os sujeitos envolvidos na atividade, porém de forma não estruturada, ou seja, em diálogos informais de poucos minutos em que as falas dos sujeitos eram também registradas em nosso caderno de campo. Entretanto, esses depoimentos também contribuíam para a elaboração de uma visão mais abrangente acerca da atividade estudada.

As informações coletadas serviram de base para melhor compreensão da dinâmica presente nas disciplinas, que foram complementadas pela elaboração e aplicação de protocolos de entrevistas a serem utilizados tanto com professores das disciplinas que empregam a metodologia SCALE-UP como demais docentes do IFUSP e membros de comissões relacionadas à implementação da metodologia no IFUSP.

> Entrevistas são fundamentais quando se precisa/deseja mapear práticas, crenças, valores e sistemas classificatórios de universos sociais específicos, mais ou menos bem delimitados, em que os conflitos e contradições não estejam claramente explicitados. Nesse caso, se forem bem realizadas, elas permitirão ao pesquisador fazer uma espécie de mergulho em profundidade, coletando indícios dos modos como cada um daqueles sujeitos percebe e significa sua realidade e levantando informações consistentes que lhe permitam descrever e compreender a lógica que preside as relações que se estabelecem no interior daquele grupo, o que, em geral, é mais difícil obter com outros instrumentos de coleta de dados (DUARTE, 2004, p. 215).

Os protocolos acima mencionados foram baseados em entrevistas semiestruturadas, ou seja, entrevistas realizadas por meio da combinação entre perguntas abertas e fechadas, para que os entrevistados tenham a possibilidade de discorrer sobre o objeto de pesquisa e demais temas de interesse, sem se prender somente à indagação formulada pelo pesquisador (BOGDAN; BIKLEN, 1994).

A escolha dessa modalidade de entrevista se deveu à possibilidade de a pesquisadora levantar novas questões de acordo com a dinâmica do diálogo, tornando-o mais profundo (MASSONI; MOREIRA, 2017). Dessa forma, o roteiro compôs-se de uma lista de questões pré-selecionadas, cuja ordem ou formulação poderiam ser alteradas em cada entrevista de forma a permitir maior fluidez no diálogo. O Quadro 1 apresenta essas questões, bem como as justificativas para utilização de cada uma delas no protocolo de entrevistas.

Quadro 1: Protocolo de entrevistas e justificativa das questões utilizadas.

Questão	**Justificativa**
Como se dão as implementações de inovações educacionais no Instituto? Você poderia me dar um exemplo?	Busca pelo estabelecimento de padrões no processo de implementação de inovações no IFUSP.
Qual o papel do IFUSP na implementação dessas inovações?	
Quais os procedimentos institucionais antes/durante/depois da implementação?	
Como se deu a escolha pela metodologia SCALE-UP?	Coleta de informações específicas sobre o processo de escolha e implementação da metodologia SCALE-UP no IFUSP
Como se deu a implementação da metodologia SCALE-UP no Instituto?	
Como foi a negociação desse projeto dentro da instituição, entre os departamentos (os professores)?	
Por que a opção pela adoção da metodologia SCALE-UP foi tomada apenas pelo curso de Bacharelado em Física para as disciplinas iniciais e não pelo Instituto de Física como um todo?	

Que tipo de apoio a gestão do IFUSP deu à implementação do SCALE-UP?	Verificação se houve ou não apoio institucional para implementação e manutenção da metodologia SCALE-UP no IFUSP.
Que tipo de apoio a COC e a CG, deu à implementação do SCALE-UP?	
Que tipo de apoio ainda pode ser dado para favorecer a sua manutenção (financeiro, acadêmico)?	
Qual o papel do SCALE-UP para o IFUSP?	Identificação dos impactos institucionais da metodologia SCALE-UP no IFUSP.
Qual, na sua opinião, é o objetivo do SCALE-UP como metodologia de ensino de física?	
Na implementação, houve críticas à metodologia? Quais? De que setores do IFUSP?	
Houve algum desdobramento por conta da implementação do SCALE-UP? Quais?	
O IFUSP realiza ou realizou algum tipo de avaliação do SCALE-UP?	Identificação dos impactos pedagógicos e acadêmicos da metodologia SCALE-UP no IFUSP e compreensão de como esses impactos podem ser avaliados.
Que tipo de avaliação você consideraria necessária?	
Qual seriam as condições para que o SCALE-UP se tornasse uma opção metodológica permanente dentro do IFUSP?	Identificação das possíveis projeções da metodologia SCALE-UP no IFUSP.
Qual a sua opinião em relação ao futuro do SCALE-UP dentro da instituição? Você acredita que será uma opção permanente, que será difundido para as outras disciplinas?	

Selecionamos quatro professores do IFUSP que consideramos mais capazes e dispostos a darem informações relevantes sobre o processo de implementação da metodologia SCALE-UP no IFUSP e suas situação e dinâmica atuais.

Os professores Igor e Kelly foram entrevistados por serem os coordenadores, respectivamente, da Comissão Coordenadora do Curso (CoC) de Licenciatura do IFUSP e da Comissão Coordenadora do Curso de Bacharelado do IFUSP. Segundo o Regimento do IFUSP (1994), são atribuições das CoCs

> encaminhar propostas de reestruturação do projeto político pedagógico e da respectiva estrutura curricular (disciplinas, módulos ou eixos temáticos) à CG da Unidade a qual o curso ou habilitação está vinculado [...]; coordenar o planejamento, a execução e a avaliação dos programas de ensino/aprendizagem das disciplinas, módulos ou eixos temáticos [...]; analisar a pertinência do conteúdo programático e carga horária das disciplinas, módulos ou eixos temáticos, de acordo com o projeto político pedagógico, propondo alterações no que couber; acompanhar a progressão dos alunos durante o curso ou habilitação, propondo ações voltadas à prática docente ou à implementação curricular, quando for o caso. (IFUSP, 1994, p. 19-20).

Enquanto o professor Antônio foi escolhido para ser entrevistado por ser o presidente da Comissão de Graduação (CG) do Instituto de Física. De acordo com o Regimento do IFUSP (1994), compete à CG

> traçar diretrizes e zelar pela execução dos programas da área de ensino de graduação [...]; aprovar os programas de ensino de cada disciplina dos currículos da Unidade (IFUSP, 1994, p.8).

Dessa forma, esses três professores têm condições de explicitar as relações institucionais que permeiam os processos de proposição, implementação e manutenção da metodologia SCALE-UP no IFUSP.

Por fim, a professora Cibele foi selecionada por ser uma das responsáveis pela proposição do uso da metodologia SCALE-UP no IFUSP, além de ser professora nos cursos investigados. Sendo assim, possui um olhar tanto no que diz respeito às relações institucionais estabelecidas, quanto no que toca às relações mais internas às dinâmicas das disciplinas estudadas.

Uma quinta professora foi escolhida por fazer parte de um grupo de professores contrários à manutenção da metodologia no IFUSP. Contudo, não nos foi possível

realizar essa entrevista por desencontros entre a pesquisadora e a professora selecionada.

No total, realizamos quatro entrevistas, de forma presencial, no período entre abril e agosto de 2018. A própria pesquisadora foi responsável tanto pelas entrevistas quanto pelas transcrições, que foram realizadas de forma simultânea. Realizamos a etapa de transcrição de forma literal, corrigindo os eventuais erros de concordância, que não comprometiam o sentido da mensagem transmitida pelos entrevistados. Pausas na fala ou eventuais mudanças bruscas na linha de raciocínio foram demarcadas com utilização de três pontos (...).

Iniciamos as entrevistas esclarecendo seus objetivos para os entrevistados e explicando os procedimentos utilizados para manutenção do sigilo. Todas as entrevistas foram gravadas após o consentimento dos entrevistados. O termo de consentimento livre e esclarecido para participação nas entrevistas, lido e assinado pelos quatro entrevistados, encontra-se no Apêndice A.

Uma vez transcritas as entrevistas, iniciamos a fase da análise de conteúdo (BARDIN, 2016). Não estabelecemos categorias de análise *a priori* (BARDIN, 2016), por esse motivo, o primeiro passo consistiu na realização de uma pré-análise por meio de uma *leitura flutuante*, que foi nosso primeiro contato com as transcrições finalizadas das entrevistas, deixando-nos invadir por impressões e orientações advindas da leitura (BARDIN, 2016; FRANCO, 2018).

Dessa *leitura flutuante* emergiram temas, a partir dos quais realizamos uma análise temática (BARDIN, 2016), ou seja, dividimos os textos em quatro temas principais, a saber: história do processo de implementação; contradições; impactos e

decorrências; avaliação. Para realização dessa divisão, grifamos as transcrições com cores diferentes, uma para cada tema elencado.

Ao longo dessa análise temática nos deparamos com trechos das transcrições que se referiam simultaneamente a dois ou mais temas, assim como uma predominância maior de grifos relacionado a um dos temas (contradições) em detrimento dos outros.

Por esse motivo, a partir desses temas, estruturamos quatro categorias de análise, de modo que todas as categorias fossem mutuamente excludentes e não houvesse um predomínio de nenhuma categoria em relação às demais (BARDIN, 2016). Nossas categorias de análise foram (i) *processo de proposição de implementação da metodologia SCALE-UP*, dividida nas subcategorias (i.1) *aspectos burocráticos* e (i.2) *aspectos pedagógicos*; (ii) *contribuições da metodologia SCALE-UP para o IFUSP*, dividida entre as subcategorias (ii.1) *impactos internos às disciplinas de Física básica* e (ii.2) *impactos da metodologia SCALE-UP no IFUSP;* (iii) *contradições internas ao SCALE-UP;* e (iv) *contradições na relação SCALE-UP – IFUSP*, conforme esquematizado no Quadro 2 abaixo.

Quadro 2. Categorias de análise.

Categorias de análise	**Subcategorias**
(i) Processo de proposição de implementação da metodologia SCALE-UP	(i.1) aspectos burocráticos
	(i.2) aspectos pedagógicos
(ii) Contribuições da metodologia SCALE-UP para o IFUSP	(ii.1) impactos internos às disciplinas de Física básica
	(ii.2) impactos da metodologia SCALE-UP no IFUSP
(iii) Contradições internas ao SCALE-UP	-
(iv) Contradições na relação SCALE-UP – IFUSP	-

Com base nessas categorias de análise, classificamos os elementos anteriormente grifados em conjuntos por diferenciação e buscamos relacionar essas categorias com os cinco princípios enunciados por Engeström (2001) para delinear o que é uma atividade.

Com a análise dessas entrevistas, buscamos compreender, além das percepções e opiniões imediatas dos entrevistados, as contradições presentes internamente à atividade estudada e traçar um histórico para a adoção e implementação do SCALE-UP no IFUSP.

4. ANÁLISE DOS DADOS

Ao longo do presente capítulo nos debruçamos na construção da narrativa acerca de nosso objeto de estudo. Na primeira seção descrevemos o surgimento e o desenvolvimento da metodologia SCALE-UP, já adotando o princípio da *historicidade*, sem pretender uma historiografia extensiva.

Nas seções seguintes nos dedicamos à análise dos dados coletados por meio da observação participante periférica e das entrevistas realizadas. Nestas também explicitamos e exploramos as relações com os cinco princípios enunciados por Engeström (2001). O Quadro 3 apresenta uma linha temporal, na qual são apresentados os diferentes momentos de coleta dos dados mencionados.

Quadro 3. Cronograma de atividades realizadas para coleta dos dados analisados.

Atividade realizada	**Semestre/Ano**						
	1º/ 2016	2º/ 2016	1º/ 2017	2º/ 2017	1º/ 2018	2º/ 2018	1º/ 2019
Início do projeto de pesquisa							
Pesquisa sobre o histórico do SCALE-UP							
Observação participante periférica							
Qualificação							
Entrevistas semiestruturadas							
Depósito da dissertação							

4.1. Desenvolvimento histórico da metodologia SCALE-UP

Desde a fundação da Universidade de Bolonha, no final do século XI, onde hoje se localiza a Itália, uma universidade é uma instituição de inovação na produção de conhecimento. Por outro lado, também correspondem a locais de perpetuação de tradições acadêmicas, inclusive no que se refere ao processo de ensino-aprendizagem (HERNÁNDEZ *et al.*, 2015).

Mais recentemente, com o desenvolvimento das tecnologias de informação e comunicação e a consolidação de uma estrutura globalizada para a sociedade, é esperado que as Universidades formem um número cada vez maior de pessoas com competências, conhecimentos e até mesmo habilidades de pesquisa para desenvolverem atividades em diversos postos de trabalho, sejam eles em instituições públicas ou privadas.

Assim, na atual sociedade do conhecimento, um dos grandes desafios da Universidade é aproximar o desenvolvimento de novos conhecimentos ao processo de ensino-aprendizagem dos estudantes.

Entretanto, principalmente no Ensino Superior, o mecanismo que relaciona as estratégias propostas dentro de um programa educacional ao desenvolvimento e às realizações dos alunos não é bem definido. Segundo Astin (1999), muitos acadêmicos tratam o estudante universitário como uma *caixa preta*:

> No lado da entrada desta caixa preta estão as várias políticas e programas de uma faculdade ou universidade; no lado da saída estão os vários tipos de medidas de realização [do aluno], como o GPA[4] ou a pontuação em testes padronizados (ASTIN, 1999, p. 519 – tradução nossa).

[4] GPA é sigla para *Grade Point Average*. Trata-se de uma média ponderada entre as notas que o aluno obteve dentro da universidade.

Astin (1999) identificou três linhas teórico-pedagógicas que buscam descrever o que ocorre dentro dessa *caixa preta*. A primeira é a *teoria do conteúdo*, de acordo com a qual a aprendizagem e o desenvolvimento do estudante dependem principalmente da exposição do mesmo ao conhecimento *correto*, havendo uma equiparação entre a expertise acadêmica e a habilidade pedagógica do professor, ou seja, quanto mais amplo for o conhecimento do professor, maior será o aprendizado do aluno. A principal limitação dessa teoria reside no fato de que associa ao estudante um papel puramente passivo ao longo de sua aprendizagem e ao processo de ensino-aprendizagem, uma visão bancária, de depósito de conteúdo.

A segunda é a *teoria dos recursos* que defende que a presença de recursos (isto é, instrumentos considerados positivos e benéficos para a aprendizagem do aluno, como instalações físicas, recursos humanos e monetários) adequados no local de ensino promoverá o desenvolvimento e aprendizagem do estudante. Entretanto, mais importante que a acumulação dos recursos, é como esses recursos serão utilizados. Nesse caso, existe a limitação de que recursos não são infinitos.

Por fim, Astin (1999) identificou a *teoria individualizada*, de acordo com a qual não há uma abordagem única (tipo de conteúdo, estratégia de ensino ou alocação de recursos) que seja adequada para todos os estudantes. Apesar de atraente no que se referente aos aspectos teórico-conceituais, essa individualização é extremamente difícil de ser implementada em virtude do alto custo.

Em face dessas teorias, em 1984, Astin (1999) desenvolveu a *teoria do envolvimento do estudante*, na qual propõe que quanto maior for o envolvimento do estudante, maior será a sua aprendizagem. E, por envolvimento, Astin refere-se "à quantidade de energia física e psicológica que o estudante dedica para a experiência

acadêmica" (ASTIN, 1999, p. 518 – tradução nossa). Assim, suas ideias enfatizam a participação ativa do estudante no processo de ensino-aprendizagem e encoraja os educadores a focarem mais em atividades que os estudantes executem.

Em um estudo coordenado por Astin (1993) com mais de 200.000 estudantes, verificou-se que a principal influência no desenvolvimento acadêmico e pessoal de alunos de graduação é a interação com os colegas. Nesse estudo, a mensuração da interação estudante-estudante envolveu, por exemplo, a discussão de conteúdos das disciplinas com outros estudantes, projetos em grupo, mentoria de outros estudantes, participação em equipes de esportes ou em uma fraternidade. A interação entre os estudantes apresentou efeitos positivos sobre o sucesso acadêmico e sobre o desenvolvimento de habilidades de liderança, de pensamento crítico e de resolução de problemas.

Especificamente na área de Ensino de Física, pesquisas (HAKE, 1998; McDERMOTT e REDISH, 1999; KNIGHT, 2002; REDISH, 2003; CRAWFORD, 2007) corroboraram o resultado de Astin (1993) e verificaram que o processo de ensino-aprendizagem se torna mais efetivo quando os estudantes interagem e colaboram com seus colegas e professores em tarefas que despertem seus respectivos interesses e que os engajem ativamente em relação ao conteúdo desenvolvido. Uma das formas para promover esse maior engajamento se dá por meio de currículos baseados em experimentação e pesquisa, que intensificam a compreensão, a reflexão e a internalização dos conhecimentos e conteúdos abordados (BEICHNER *et al.*, 2007).

A complementação das aulas tradicionais com atividades experimentais em laboratório data do início do século XIX na Europa, por iniciativa dos químicos Friedrich Stromyer e Johann von Fuchs. Em 1906, Robert Millikan (físico

conhecido pela determinação da carga de um elétron) escreveu um manual de laboratório no qual defendia a importância de experiências *hands-on* para ajudar os estudantes a aprenderem conceitos considerados difíceis (BEICHNER, 2014). Essas iniciativas apresentavam concordância com a visão sobre o processo de ensino-aprendizagem defendido por John Dewey. Em seu trabalho *A Criança e o Currículo*, Dewey (1902) aponta que "a criança é ponto de início, o centro e o fim" (DEWEY, 1902, p. 9 – tradução nossa) e que a forma mais natural para uma criança aprender é fazendo.

> Aprendizagem é ativa. Ela envolve o alcance da mente. Envolve a assimilação orgânica a partir de dentro. Literalmente, devemos assumir nossa posição com a criança e nossa partida a partir dela (DEWEY, 1902, p. 9).

A tentativa de integrar as atividades de laboratórios a aulas convencionais persiste até os dias de hoje, entretanto pode ser difícil manter os cronogramas dos dois tipos de atividades sincronizados, especialmente quando há diversas aulas de cada uma delas. Essa e outras dificuldades levaram a esforços, nas últimas duas décadas, para combinar as experiências no laboratório e as aulas convencionais em um mesmo momento de aprendizagem, em forma de estúdio, nos moldes daqueles anteriormente existentes nas áreas de artes e arquitetura (BEICHNER, 2014).

Contudo, a utilização dessa abordagem não foi suficiente para garantir melhora na aprendizagem. A ineficácia dessa abordagem pode estar relacionada com o fato de que, como defendido por Astin (1999), a qualidade dos relacionamentos que os estudantes têm uns com os outros apresenta alta correlação com o sucesso acadêmico. Assim, com objetivo de unir os benefícios de espaços colaborativos com dinâmicas de estúdio, foi desenvolvida, nos anos 1990, na Universidade Estadual da Carolina do Norte (NCSU – *North Carolina State*

University), nos Estados Unidos, uma metodologia que buscava associar as aulas teóricas às atividades experimentais, em uma disciplina que integrava conteúdos introdutórios de física, química, matemática e engenharia. Essa proposta era parte integrante do projeto IMPEC (*Integrated Math, Physics, Engineering and Chemistry*) e foi aplicada como uma disciplina-piloto com duração de um ano, em forma de estúdio (HOCKICKO e TARJÁNYIOVÁ, 2009; PERKINS, 2005; WILSON, 1994; WILSON, 2000) entre os anos de 1993 e 1997 (BEICHNER *et al.*, 2007).

Embora as turmas participantes do IMPEC fossem consideradas academicamente muito bem sucedidas, o projeto foi suspenso, pois, da forma como foi inicialmente elaborado, as classes eram compostas por apenas 36 alunos por ano, tornando impraticável expandir o programa para mais do que uma pequena fração dos milhares de estudantes do curso de engenharia da NSCU (BEICHNER *et al.*, 2007).

Com base nas experiências adquiridas ao longo do projeto IMPEC, os professores e pesquisadores da NSCU começaram a desenvolver o projeto SCALE-UP (que, inicialmente, era acrônimo de *Student-Centered Activities for Large Enrollment Undergraduate Programs* – atividades centradas no aluno para programas de graduação com muitos inscritos), como uma tentativa de expandir a aplicação da disciplina-piloto para classes maiores, de até 100 alunos, mantendo o formato de estúdio, ou seja, o grupo buscou responder à pergunta: *how to scale up?* (como ampliar a escala?) (BEICHNER, 2014).

A proposta da NSCU buscou oferecer uma alternativa para o formato tradicional aula/laboratório de 4 a 6 horas semanais. No SCALE-UP, os estudantes trabalham em pequenos grupos de 3 a 4 alunos. Entretanto, as atividades foram

modificadas para que a relação entre estudantes e instrutores (professores e monitores) possa variar de 24:1 a 50:1, o que permite classes com 50 a 100 alunos contando com apenas 2 a 4 instrutores. Em linhas gerais, o SCALE-UP busca (BEICHNER *et al.*, 2007):

- Criar um ambiente de ensino-aprendizagem que encoraje os estudantes a colaborar com seus colegas, questionar e ensinar um ao outro;
- Privilegiar o uso de atividades baseadas na experimentação e pesquisa em Ciência, de forma a minimizar a quantidade de *aulas teóricas convencionais*;
- Direcionar os estudantes durante as atividades, assessorando-os na busca por respostas aos questionamentos por eles formulados;
- Possibilitar que os alunos compartilhem seus resultados com os colegas, recebendo destes os *feedbacks*, posteriormente utilizados para melhoria do trabalho.

Atualmente, a sigla SCALE-UP, além de estar relacionado ao *escalonamento* da disciplina-piloto, passou a significar *Student-Centered Active Learning Environment with Upside-down Pedagogies* (ambiente ativo de ensino-aprendizagem centrado no aluno, baseado salas de aula invertidas) (BEICHNER, 2014).

A metodologia SCALE-UP, como o próprio nome revela, está baseada nas *upside-down pedagogies*, ou seja, nas *pedagogias invertidas*. Essa inversão diz respeito não só aos papeis de professor e aluno, como elucidado no capítulo anterior, mas também à própria sala de aula. A sala de aula invertida, ou *flipped classroom*, é uma abordagem do processo de ensino-aprendizagem, na qual o conteúdo a ser trabalhado nas aulas é estudado antes pelos alunos (VALENTE, 2014). Assim, a sala de aula se torna um espaço de aprendizagem ativa, em que há perguntas, discussões e atividades

práticas, em vez de um local para o professor simplesmente transmitir informação aos alunos, como é usual na abordagem tradicional de ensino-aprendizagem (SANTOS, 2005).

Dentro da metodologia SCALE-UP, as atividades desenvolvidas em sala de aula podem ser divididas em três tipos (BEICHNER *et al.*, 2007; GAFFNEY *et al.*, 2008): tangíveis, ponderáveis e de discussão.

As atividades *tangíveis* correspondem a oportunidades para os estudantes utilizarem equipamentos científicos e de uso cotidiano em atividades de experimentação e pesquisa. Exemplos desse tipo de atividade são (BEICHNER *et al.*, 2007, p.14):

- *Determine a espessura de uma única folha do seu livro-texto. Utilize esse resultado para determinar o diâmetro de um ponto final ao final de uma frase no livro*. Nessa atividade, os estudantes invariavelmente dividem a espessura de uma pilha de papel pelo número de folhas nessa pilha.
- *Determine o coeficiente de atrito cinético entre o seu livro e a mesa*. Nessa atividade, os estudantes deslizam seus livros sobre a mesa, estimando a velocidade inicial e medindo a distância até que o livro pare.
- *Use um apontador laser para determinar a espessura de um único fio de cabelo da sua cabeça*. Nessa atividade, os estudantes gastam alguns minutos decidindo como eles devem abordar o problema, seguido da realização das medições e compartilhamento dos resultados com os outros colegas.

As atividades *ponderáveis* correspondem a problemas que os estudantes discutem entre si, buscando uma solução em conjunto. As soluções são usualmente

registradas em quadros brancos dispostos pela sala de aula. Exemplos desse tipo de atividade são (BEICHNER *et al.*, 2007, p.15):

- *Quantos passos são necessários para cruzar os Estados Unidos?* Essa atividade é realizada no primeiro dia de aula de forma individual. Após o compartilhamento de uma variedade de respostas, os estudantes trabalham em grupos para responder a mesma pergunta e novamente compartilham seus resultados. No segundo compartilhamento, a variedade de respostas é bem menor, geralmente na mesma ordem de magnitude, o que promove a oportunidade para discutir os benefícios de trabalhar em grupos, além de discussões sobre notação científica, unidades de medidas e realização de estimativas.
- *Quão longe uma bola de boliche percorre a pista antes de parar de deslizar e apenas rolar?* Este é um problema muito difícil, pois requer diversas estimativas, porém o entendimento que os alunos adquirem sobre o que ocorre com a força de atrito quando o deslizamento para e a bola apenas rola vale o esforço. Na sequência, uma simulação em computador é providenciada para que os estudantes confiram com suas respostas.
- *Projete uma antena de rádio automotiva otimizada para a sua estação FM favorita*. Esse tipo de atividade torna fácil, para os estudantes, verificar como a Física está envolvida no cotidiano.

As *discussões* são momentos de fechamento e formalização dos conteúdos trabalhados, quando ocorre a integração e conexão dos experimentos e problemas desenvolvidos. É a parte mais próxima das *aulas teóricas convencionais*, contudo a duração é reduzida, limitada a 15-20 minutos.

Para promover as atividades de colaboração entre os estudantes e ainda comportar até 100 alunos em um mesmo ambiente, o *design* da sala de aula deve ser diferenciado, uma vez que deve possibilitar tanto as atividades tangíveis (de laboratório), quanto trabalho em grupo e os momentos de discussão. Em linhas gerais, segundo Beichner et al (2007, p. 23) as salas de aula em formato estúdio devem garantir:

- Trabalhos em grupos de 2 a 4 estudantes.
- Acesso ao computador e à internet.
- Acesso a equipamentos para realização dos experimentos.
- Participação nas discussões da classe.
- Possibilidade de compartilhar os resultados dos grupos com os colegas.

A fotografia apresentada na Figura 7 mostra uma sala de aula desenhada para se utilizar a metodologia SCALE-UP com pelo menos 100 alunos. Nela foram colocadas 11 mesas redondas com 9 cadeiras em cada. Em cada mesa, há laptops, possibilitando que cada grupo de estudantes tenha disponível um computador com acesso à internet. Além disso, cada grupo possui um kit com equipamentos para os alunos realizarem, quando necessário, os experimentos. A classe também apresenta diversos projetores para que todos os alunos possam ver o que está sendo projetado independentemente do local onde estejam sentados. Por fim, há diversas lousas localizadas nas paredes que possibilitam o compartilhamento do resultado de cada grupo com os demais colegas.

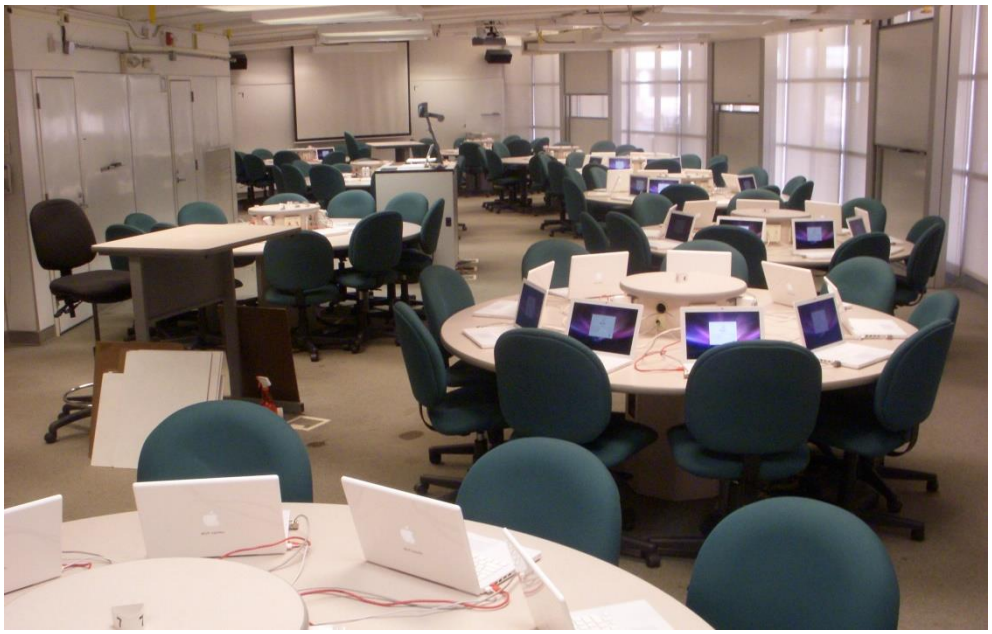

Figura 7: Fotografia de uma sala de aula preparada para a aplicação da metodologia SCALE-UP. Nas mesas, há um laptop para cada três alunos como se recomenda na metodologia SCALE-UP (BEICHNER, 2014).

Conforme ilustrado na Figura 8, atualmente, são mais de 250 locais no EUA, entre escolas e universidades, que utilizam a metodologia SCALE-UP em alguma de suas turmas (NCSU, 2011).

Figura 8: Mapa com a localização das instituições americanas que oferecem disciplinas baseadas no SCALE-UP (NCSU, 2011).

Alguns desses locais, como a Universidade da Flórida Central (UCF – *University of Central Florida*) aplicaram a metodologia SCALE-UP seguindo detalhadamente a forma com que ela foi desenvolvida pela NSCU. Já outros, como o Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT – *Massachusetts Institute of Technology*), partiram da proposta SCALE-UP e modificaram-na de forma a desenvolver um projeto que mais se adequasse à sua realidade. No caso particular do MIT, o projeto desenvolvido foi o TEAL (*Technology Enabled Active Learning* – Aprendizagem Ativa Possibilitada pela Tecnologia) (BEICHNER *et al.*, 2007), que apresenta organização inspirada na proposta pela NCSU, como pode ser verificado pela estrutura da sala na aula na Figura 9 (NCSU, 2012). O material, desenvolvido para a disciplina *Physics II: Electricity and Magnetism* pelo MIT usando o formato TEAL, contém apresentações em PowerPoint, animações, listas de exercícios e roteiros de aula, e é compartilhado gratuitamente na internet (MIT, 2007).

Figura 9: Sala de aula preparada para a metodologia TEAL no MIT, utilizada na disciplina Physics II: Electricity and Magnetism (NCSU, 2012).

No IFUSP, a metodologia SCALE-UP foi adotada pela equipe de professores para as disciplinas de *Física 1* e *Física 2* no curso de Bacharelado em

Física. O processo de planejamento para a implementação da metodologia se iniciou em 2013, passando a ser aplicada desde o primeiro semestre de 2015 (CASTRO, 2015).

A emergência, o desenvolvimento e as transformações ocorridas à metodologia SCALE-UP e descritas ao longo da presente seção, juntamente à ampliação do número de instituições que passaram a adotá-la e modificá-la ao longo da última década, conforme ilustrado na Figura 8, estão diretamente relacionados aos princípios da *expansão* e da *historicidade* propostos por Engeström (2001). Os princípios do *direcionamento ao objeto*, da *múltipla-vocalidade* e das *contradições* não foram abordados diretamente ao longo dessa seção, embora permeiem toda a narrativa acerca de nosso objeto de estudo.

4.2. Observação participante periférica

Ao longo do segundo semestre de 2016 acompanhamos as aulas de *Física* 2, buscando ampliar a compreensão acerca do objeto de pesquisa. Entre as turmas disponíveis escolhemos uma na qual estavam matriculados 69 alunos, dos quais 50 compareciam às aulas regularmente.

O professor em todas as aulas era acompanhado por um monitor responsável por auxiliá-lo no desenvolvimento das aulas. A função de monitor dessa turma era desempenhada por um pós-graduando do curso de doutorado em Física da mesma instituição.

O curso previa três aulas semanais com duração de 2 horas-aula (120 minutos) cada: duas aulas (segunda e sexta-feira) nas quais a metodologia SCALE-UP era aplicada e uma aula (quarta-feira) em que se realizava a resolução de exercícios. Esta última era oferecida em uma sala de aula tradicional, sendo ministrada pelo mesmo professor. Deve-se destacar que apenas as aulas seguindo a metodologia SCALE-UP foram acompanhadas pela pesquisadora.

A Figura 10 apresenta um esquema com a configuração espacial da sala preparada para a aplicação da metodologia SCALE-UP, capaz de comportar até 72 alunos, sentados em mesas hexagonais (representadas na Figura 10 como circulares) e organizados em 2 grupos de até 3 integrantes em cada mesa, na qual há um computador para cada grupo com acesso à internet. Além das lousas fixas nas paredes, estavam disponíveis na sala pequenas lousas móveis que os grupos poderiam utilizar, dependendo da necessidade.

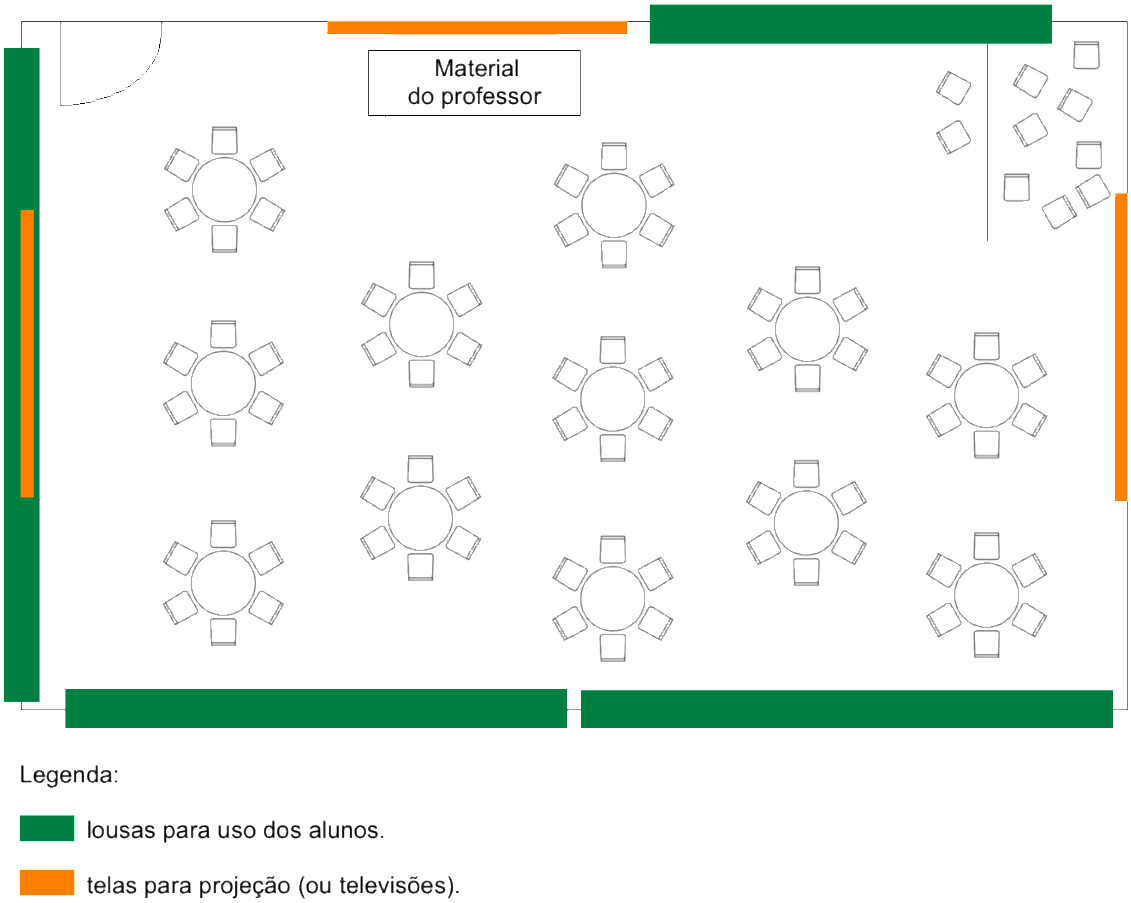

Figura 10: Desenho esquemático da configuração espacial da sala de aula preparada para aplicação da metodologia SCALE-UP no IFUSP.

Na primeira aula do curso (01/08/2016), o professor apresentou a metodologia SCALE-UP rapidamente, uma vez que os alunos cursando *Física 2* já tinham sido aprovados na disciplina de *Física 1* no semestre anterior, que também empregou a mesma metodologia. Na sequência, foram apresentadas as atividades a serem avaliadas para compor a nota da disciplina de *Física 2*, cujas informações também foram divulgadas no ambiente virtual de aprendizagem utilizado pela disciplina (VIEIRA *et al.*, 2016a):

- Atividades realizadas em sala de aula (15%).

- Questionários realizados em casa (5%), antes das aulas e baseados na leitura prévia disponibilizada no ambiente virtual de aprendizagem.
- Listas de exercícios (5%), realizadas após as aulas e corrigidas pelo professor ou pelo monitor.
- Provinhas (15%), sendo realizadas quatro atividades durante as aulas de resolução de exercícios (às quartas-feiras).
- Provas (60%), sendo realizadas três provas ao longo do semestre, sempre às quartas-feiras. Diferentemente das provinhas, cada prova ocupava todo o tempo de aula (120 minutos) e o conteúdo abordado em cada prova era mais abrangente do que o das provinhas.

No mesmo documento (VIEIRA *et al.*, 2016a) no qual são apresentados os instrumentos de avaliação, também é destacada a importância das interações para a aprendizagem, uma vez que os professores da disciplina defendem que

> O melhor ensino só pode acontecer quando existe uma interação forte entre o estudante e o professor, bem como entre os próprios estudantes ou entre estes e estagiários e monitores, permitindo a discutir ideias, pensar sobre as coisas e falar sobre elas. É quase impossível aprender física apenas assistindo aulas ou mesmo fazendo, mecanicamente, listas de problemas. Entender a física irá requerer uma participação ativa de sua parte (VIEIRA *et al.*, 2016a, p. 2).

Verificamos a importância dada às interações aluno-professor, aluno-monitor e aluno-aluno na estrutura mais frequente das aulas acompanhadas, que pode ser dividida em três momentos: nos primeiros 20 minutos, o professor fazia uma explanação do conteúdo e das atividades que seriam abordados durante a aula, retomando a leitura prévia que os alunos deveriam ter realizado em casa (a partir do material disponibilizado no ambiente virtual de aprendizagem); na sequência, os alunos desenvolviam em grupos as atividades propostas por um período que chegava em média

a 60 minutos; por fim, nos 20 minutos finais de cada aula, o professor realizava o fechamento da atividade, seja por meio da apresentação da resolução de algum dos exercícios propostos, seja por uma discussão com toda a turma; era nesse momento final que o professor aproveitava também para instruir a turma das leituras e atividades que seriam realizadas no intervalo até a próxima aula.

Entretanto, acreditamos que a composição da avaliação descrita aponta uma contradição em relação à metodologia proposta pelos professores da própria disciplina, uma vez que, apesar de a realização de atividades em grupo ser bastante valorizada no que se refere ao aproveitamento do tempo em sala de aula e no discurso dos professores (VIEIRA *et al.*, 2016a), apenas 15% da nota final está associada a essas atividades em grupo, sendo os 85% restantes associados a atividades individuais (questionários, listas de exercícios, provinhas e provas). Dependendo do aluno, os questionários e as listas poderiam ser resolvidos em grupo, porém as provinhas e provas, que compõem ¾ da nota final, necessariamente deveriam ser resolvidas pelos alunos de forma isolada. A valorização das atividades individuais como instrumento de avaliação indica que, apesar de a metodologia empregada valorizar as interações no ambiente de ensino-aprendizagem, a concepção de ensino-aprendizagem ainda se encontra atrelada aos moldes tradicionais.

Percebemos a mesma contradição quando analisamos o conteúdo programático divulgado semanalmente pelos docentes da disciplina no ambiente virtual de aprendizagem. O Quadro 4 apresenta as programações previstas para a terceira e a oitava semanas de aula.

Quadro 4. Programações e objetivos de aprendizagem para a terceira semana (15 a 19 de agosto de 2016) e para a oitava semana (26 a 30 de setembro de 2016) de aula da disciplina de *Física 2*.

Programação da semana

Aula		Programação da aula / objetivos de aprendizagem	Leitura prévia recomendada
22	Segunda-feira, 26 de setembro de 2016	• Descrever o modelo de Einstein para um sólido. • Usar o modelo de Einstein para distribuir energia entre objetos. • Articular a diferença entre um microestado e um macroestado. • Enunciar a suposição fundamental da mecânica estatística. • Determinar o número de formas de arranjar q quanta de energia entre N osciladores unidimensionais quantizados.	M&I seções 8.4, 12.1 e 12.2
23	Quarta-feira, 28 de setembro de 2016	• Resolver exercícios sobre as duas aulas anteriores	
24	Sexta-feira, 30 de setembro de 2016	• Calcular a entropia de um sistema • Explicar, utilizando a mecânica estatística, por que dois objetos em contato sempre atingem o equilíbrio térmico	M&I seção 12.3

Programação da Semana

Aula	Data	Programação da aula / objetivos de aprendizagem	Leitura prévia recomendada
7	segunda-feira, 15 de agosto de 2016	• Definir o módulo de Young tanto em termos de grandezas macroscópicas como de grandezas microscópicas. • Explicar por que há variação na velocidade do som em sólidos feitos de materiais diferentes.	M&I 4.6, 4.9 e 4.13
8	quarta-feira, 17 de agosto de 2016	• Provinha 1 (MN 3.1-3.4; 4.1-4.5) • Resolver exercícios sobre módulo de Young e velocidade do som.	Não há
9	sexta-feira, 19 de agosto de 2016	• Definir uma onda mecânica • Reconhecer o significado físico de grandezas como fase, período, frequência angular e ser capaz de extrair seus valores de gráficos. • Deduzir a equação de uma onda LONGITUDINAL em um sólido a partir de um modelo microscópico e encontrar a sua solução geral. • Encontrar uma expressão macroscópica para a velocidade do som.	M&I Suplemento 3, seções S3.1 e S3.4 até "Uma visão macroscópica da velocidade do som"

Nos objetivos de aprendizagem explicitados no Quadro 4 não são consideradas dimensões de aprendizagem diferentes da *cognitiva*, apesar de, no material de apresentação do curso (VIERA *et al*., 2016a), ser mencionada a importância do trabalho

discente em grupo. Nesse sentido, não há, na proposta do curso, critérios que permitam avaliar o desenvolvimento, por exemplo, de habilidades socioemocionais, como presentes na proposta original (BEICHNER *et al*., 2001).

Essa contradição também foi percebida pela aluna Ana[5] ao mencionar que, na disciplina de *Física 2*, "as coisas feitas na aula eram sempre em grupo e no computador, mas na hora da prova não era assim e isso não era certo" (informação verbal)[6].

Além do trabalho em grupo, outra característica importante da metodologia SCALE-UP consiste na realização de estudo prévio sobre os conteúdos que serão posteriormente desenvolvidos em grupo na sala de aula (BEICHNER *et al*., 2001).

A fim de compreender como um grupo de alunos se relacionava entre si e com a disciplina, acompanhamos com maior proximidade um mesmo grupo durante três semanas de observação. Nas conversas entre os integrantes do grupo, o aluno Carlos se vangloriava de apenas *passar os olhos* pelas leituras prévias e, mesmo assim, conseguir resolver corretamente os exercícios e atividades propostos. A fala de Carlos é um indício que esse aluno pouco valorizava a realização dessas leituras, a despeito da importância dessa atividade na metodologia adotada na disciplina. Por outro lado, outra integrante do grupo, a aluna Beatriz, durante todas as aulas do período de acompanhamento, sempre se apresentou com as leituras prévias impressas e fichadas, demonstrando uma postura distante do seu colega Carlos quanto à valorização atividade.

Ainda em relação às leituras, a aluna Ana mencionou, na mesma fala sobre a dinâmica das aulas, que a disciplina "exigia demais" (informação verbal)[7],

---

[5] Os nomes dos alunos destacados nessa seção são fictícios.

[6] Fala registrada no caderno de campo em conversa informal com a aluna Ana, no 2.o semestre de 2016.

[7] Fala registrada no caderno de campo em conversa informal com a aluna Ana, no 2.o semestre de 2016.

principalmente quando se referiu às leituras que deveriam ser realizadas em casa. A exigência da disciplina também foi destacada na fala da aluna Carolina, ao também afirmar que o curso "exigia demais, e se você trabalha, então fica impossível" (informação verbal)[8]. Essa exigência está relacionada com a quantidade de tempo demandada dos alunos fora da sala de aula, para fazer as leituras prévias, responder aos questionários, resolver as listas de exercícios, estudar para as provinhas e provas. Além dessas demandas específicas da disciplina de *Física 2*, os alunos também devem se dedicar a outras disciplinas obrigatórias do segundo semestre regular do curso de Bacharelado em Física (como Cálculo Diferencial e Integral 2, Física Experimental 2 e Introdução à Computação para Ciências Exatas e Tecnologia).

Entretanto, apesar das exigências mencionadas, pudemos perceber a importância das leituras prévias no acompanhamento de outro grupo, composto por três integrantes (Roberto, Eduardo, Giovana). Na aula acompanhada, nenhum dos integrantes havia realizado a leitura prévia e o grupo, no início da aula, não sabia o que deveria ser feito. Em virtude disso, fizeram diversas perguntas ao professor relacionadas ao tema da aula (*trabalho de um gás ideal e entropia*), cujas respostas se encontravam na leitura prévia indicada.

Além do trabalho em grupo e das atividades prévias, a metodologia SCALE-UP prevê a existência de mais do que um instrutor em sala de aula, a fim de atender às dúvidas dos alunos (BEICHNER *et al*., 2001). Para auxiliar de forma eficaz, os instrutores devem estar familiarizados com os conteúdos e atividades que serão desenvolvidas em aula, não havendo, a princípio, distinção entre os instrutores em relação à ação de tirar dúvidas.

---

[8] Fala registrada no caderno de campo em conversa informal com a aluna Carolina, no 2.o semestre de 2016.

Entretanto, em uma aula sobre *livre caminho médio*, o grupo acompanhado, composto por três integrantes (Ricardo, Renato e Raíssa), apresentava dúvidas na resolução da atividade proposta, porém preferiu aguardar o professor ser liberado de outro grupo a chamar o monitor que estava disponível durante esse período. A preferência dos alunos pelo professor em detrimento do monitor para tirar suas dúvidas é um indício de que os alunos não consideram os dois instrutores equivalentes nesse sentido.

4.3. Entrevistas semiestruturadas

A fim de complementar a construção da narrativa de implementação da metodologia SCALE-UP no IFUSP, foram realizadas entrevistas com quatro docentes do IFUSP direta e indiretamente relacionados à implementação dessa metodologia no Instituto.

O professor Antônio[9], no período de proposição e implementação da metodologia SCALE-UP, ocupava a função de coordenador da Comissão Coordenadora do Curso de Bacharelado em Física, tornando-se, posteriormente, presidente da Comissão de Graduação do IFUSP. Além disso, Antônio também ministrou aulas de *Física 2* seguindo a metodologia SCALE-UP.

A professora Cibele foi uma das docentes que compôs a equipe responsável pela proposição, implementação e manutenção da metodologia SCALE-UP no IFUSP, tendo ministrado aulas nos cursos de *Física 1* e *Física 2* investigados.

No período da investigação, o professor Igor era o coordenador da CoC do Curso de Licenciatura em Física do IFUSP e a professora Kelly era a coordenadora da CoC do Curso de Bacharelado em Física do IFUSP na época da proposição e implementação da metodologia SCALE-UP.

Após a realização das entrevistas, como descrito na seção 3.2, foi realizada a transcrição literal delas e as respostas obtidas foram categorizadas e analisadas conforme a técnica da Análise de Conteúdo (BARDIN, 2016).

[9] Os nomes Antônio, Cibele, Igor e Kelly (adotados para os docentes entrevistados) são fictícios.

Foram definidas quatro categorias de análise (*processo de proposição e implementação da metodologia SCALE-UP*, *contribuições da metodologia SCALE-UP para o IFUSP*, *contradições internas ao SCALE-UP* e *contradições na relação SCALE-UP - IFUSP*), relacionadas aos cinco princípios enunciados por Engeström (2001) para compreensão e delineamento da atividade humana (já discutidos na seção 2.3).

A primeira categoria **processo de proposição e implementação da metodologia SCALE-UP** reuniu as informações e percepções relacionadas à fase anterior ao desenvolvimento das disciplinas de *Física 1* e *Física 2* junto aos alunos do IFUSP. Essa categoria busca construir uma narrativa do processo de escolha e implementação dessa metodologia nas disciplinas de Física básica, estando, por esse motivo, diretamente relacionada ao princípio da *historicidade* proposto por Engeström (idem). Nesse sentido, a primeira categoria foi dividida em duas subcategorias: uma destacando os **aspectos burocráticos** e trazendo a sequência histórica para aprovação da proposta de utilização da metodologia SCALE-UP nas diversas comissões do IFUSP; e outra destacando os **aspectos pedagógicos** e trazendo as justificativas pedagógicas do porquê mudar a forma como as disciplinas de Física básica estavam sendo trabalhadas no IFUSP.

A segunda categoria **contribuições da metodologia SCALE-UP para o IFUSP** agrupou as mudanças ocorridas no IFUSP decorrentes da implementação da metodologia SCALE-UP. Essa categoria está associada ao princípio da *expansão* proposto por Engeström (ibidem), pois, por meio dela, buscamos compreender a dinâmica do sistema de atividades em que a atividade estudada se encontra imersa. Ela foi dividida em duas subcategorias: uma reunindo informações sobre os **impactos internos às disciplinas de Física básica** e trazendo as reflexões dos docentes sobre os

ganhos nessas duas disciplinas; e outra sintetizando os **impactos da metodologia SCALE-UP no IFUSP** além das próprias disciplinas de Física básica.

A terceira categoria **contradições internas ao SCALE-UP** agrupou a percepção dos docentes entrevistados quanto às críticas direcionadas à metodologia SCALE-UP. É importante destacar que essas críticas não necessariamente são dos próprios entrevistados, podendo ser originárias de terceiros, porém percebidas por eles. Nessa categoria, são abarcadas críticas tanto dos alunos quanto de demais docentes do IFUSP. Nesse sentido, essa categoria está relacionada ao princípio das *contradições* como motores da atividade, conforme proposto por Engeström (ibidem).

A quarta categoria **contradições na relação SCALE-UP - IFUSP** reuniu relatos dos entrevistados sobre a dinâmica do IFUSP quanto aos cursos de Graduação, não se limitando apenas ao caso específico das disciplinas de Física básica que empregam a metodologia SCALE-UP. Dessa forma, essa categoria, assim como a terceira, também está associada ao princípio das *contradições*.

É importante ressaltar que embora ambas as categorias foquem nas contradições presentes em nosso objeto de estudo, as terceira e quarta categorias focam em níveis hierárquicos de contradições diferentes: enquanto a terceira categoria trata acerca de contradições internas às disciplinas de Física básica, a quarta categoria aborda as contradições presentes na relação entre essas disciplinas e os demais sistemas de atividades desenvolvidos no IFUSP.

Por fim, deve-se ressaltar que todas as categorias de análise descritas acima são permeadas pelos princípios de *múltipla-vocalidade* e de que *a atividade humana é sempre direcionada para um objeto*, propostos por Engeström (ibidem), por esse motivo não há uma categoria específica para esses princípios.

4.3.1. Processo de proposição e implementação da metodologia SCALE-UP

Aspectos burocráticos

Em relação ao procedimento institucional por meio do qual inovações pedagógicas devem passar para serem aprovadas e implementadas no IFUSP, o professor Antônio mencionou que

> cada mudança segue um processo um pouco diferente, mesmo porque as pessoas não têm muita noção de como fazer isso de forma correta (ANTÔNIO, 2018, p. 1).

Na situação específica de nosso objeto de estudo, uma equipe de professores do IFUSP submeteu em 2013 à CoC-B um projeto que visava a implementação de um curso nos moldes do SCALE-UP para as disciplinas de Física básica. Por se tratar de uma mudança significativa em relação à metodologia tradicional (baseada principalmente em aulas expositivo-dialogadas) geralmente empregada no Instituto e que teria um impacto em todos os estudantes do curso de Bacharelado, a equipe de professores da CoC-B considerou que seria interessante discutir a proposta com os departamentos do IFUSP.

> Já teve situações onde as pessoas estavam querendo fazer uma mudança no curso e veio conversar informalmente com a CG ou com a CoC e a CG fala "Então tá bom. Legal. Tenta lá". Acho que naquela época a mudança era tão grande que a CoC decidiu ouvir os departamentos, mas não precisa ser sempre assim.
>
> [...]
>
> A gente mandou esse projeto para os departamentos, como a CoC do Bacharelado tem um representante de cada departamento, ele serviu de interlocutor para tudo o que a gente tinha discutido e os departamentos mandaram sugestões de volta para CoC e, com base nessas sugestões, formulou a proposta final que é a que foi implementada (ANTÔNIO, 2018, p. 2)

A proposta inicial apresentada propunha que das quatro turmas formadas anualmente para as disciplinas de Física básica, duas prosseguiriam com a metodologia tradicional de ensino-aprendizagem, enquanto as outras duas empregariam a metodologia SCALE-UP. Dessa forma, a equipe de professores esperava poder comparar as turmas em termos de desempenho acadêmico. Contudo, os departamentos concluíram que seria prejudicial ao IFUSP que houvesse turmas concomitantes que adotassem metodologias de ensino-aprendizagem diferentes, pois poderia gerar algum tipo de conflito entre os estudantes. Assim, a metodologia SCALE-UP passou a ser adotada em todas as turmas das disciplinas de *Física 1* e *Física 2* a partir de 2015, sendo o ano de 2014 utilizado para preparação dos materiais e atividades que seriam utilizadas com a metodologia SCALE-UP[10].

Para que o projeto fosse viabilizado, o então diretor do Instituto cedeu à equipe responsável pela preparação das aulas uma sala que atendesse às demandas específicas da metodologia SCALE-UP, sala essa que era utilizada pelo curso da Licenciatura para outra disciplina que também exigia uma configuração espacial específica para a sala de aula. "Ele [o diretor do IFUSP] quis explicitamente apoiar isso, o que ele não sabia era que ele estava dando uma sala que já tinha uso para a Licenciatura, que foi a 212" (IGOR, 2018, p. 3).

Inicialmente, a CoC-B isentou um docente de carga didática durante um semestre para que ele pudesse se dedicar à preparação do material didático necessário ao curso. Nesse período, esse docente viajou à Carolina do Norte, nos Estados Unidos,

[10] Em 2014, o foco da equipe de trabalho concentrou-se na elaboração de materiais e na aquisição de experiência pelos professores em como trabalhar em grupo. No oferecimento das disciplinas de *Física 1* e *Física 2* no ano de 2014, ainda não havia os computadores necessários para implementação completa da proposta da metodologia SCALE-UP. Nesse ano, no segundo semestre, foi introduzido o uso do *clicker* como atividade nas aulas tradicionais. Somente em 2015, com a chegada dos computadores, é que a metodologia SCALE-UP foi aplicada como um todo.

para entrar em contato com o professor Robert Beichner, principal responsável pela concepção e implementação da metodologia SCALE-UP na Universidade Estadual da Carolina do Norte. Além disso, essa comissão também intermediou a reforma dessa sala de aula (de número 212 da Ala 2) para que fosse adequada à estrutura necessária à metodologia e disponibilizou monitores adicionais (um para cada turma) para acompanhamento das aulas[11].

Passados os quatro anos acordados como período de experimentação da metodologia SCALE-UP nas disciplinas iniciais de Física, a professora Kelly (2018) afirma que a CoC-B irá submeter aos departamentos do IFUSP um relatório contendo uma análise sobre o desenvolvimento e os impactos dessa metodologia nesse período. Para que essa metodologia continue a ser adotada nas disciplinas de *Física 1* e *Física 2*, é necessário que os departamentos cheguem a um consenso.

> A gente vai pegar agora esse material que a Cibele produziu e que o Anderson[12] produziu e a gente vai mandar para os departamentos e vai pedir para eles fazerem uma discussão pra gente vai decidir se vai manter a experiência ou não (KELLY, 2018, p. 8)

Aspectos pedagógicos

A percepção dos professores, tanto dos proponentes quanto dos membros da CoC-B, durante a etapa de proposição da adoção da metodologia SCALE-UP foi positiva, uma vez que a motivação para mudança da metodologia adotada visava a

[11] Usualmente, no IFUSP, cada disciplina apresenta um único monitor (quando possui) e, normalmente, o monitor não realiza o acompanhamento das aulas, sendo responsável, por exemplo, pelo plantão de dúvidas ou pela correção de trabalhos e atividades.
[12] Nome fictício para outro docente das disciplinas estudadas.

melhora do aprendizado por parte dos alunos, o que seria alcançado caso os estudantes assumissem uma postura mais ativa durante as aulas de *Física 1* e *Física 2*.

> eu acho, que de forma ampla todos os docentes aqui no Instituto acham que o aluno só aprende quando ele se dedica, não exista ninguém, eu acho, que acredite que o aluno assistindo um seminário ou uma aula sai de lá sabendo o conteúdo. Então quando você faz o discurso de aplicar uma metodologia aonde o aluno vai se dedicar mais, aí todo mundo gosta. Então eu acho que, de certa forma, nós não tivemos nenhum departamento que votou contra a implementação, porque o que foi vendido para todo mundo é que era uma metodologia que era utilizada em boas universidades no mundo, que já tinha mais de 10 anos de testes, que os testes indicavam redução da evasão, o fortalecimento dos vínculos sociais entre os alunos, que os alunos passavam a ser mais independentes, que eles iam ter que estudar mais, entendeu? Então, eu acho que isso todo professor quer. Eu não lembro de em nenhum momento da discussão a gente ter tido reações contra (KELLY, 2018, p.17).

Entretanto, a troca por uma nova metodologia poderia não resultar em sucesso garantido, Igor aponta a necessidade da mudança da postura e da atuação dos docentes envolvidos diretamente nessas disciplinas.

> O SCALE-UP parte de princípios interessantes, mas ele não é uma metodologia que você seguindo um conjunto de regras você dá uma boa aula, quer dizer, ele parte de princípios interessantes, mas a partir daqueles princípios, para você efetivamente conseguir realizar uma prática pedagógica diferenciada em sala de aula, tem um gap. Quer dizer, o SCALE-UP não é uma metodologia à prova de professor. Pelo contrário, quer dizer, ela exige muito do professor. Se o professor não aprende a estar... se ele não foi muito bem formado, muito bem preparado pra isso... aquela metodologia não vai se sustentar (IGOR, 2018, p. 5-6).

Entre as mudanças mencionadas pelos docentes entrevistados, destaca-se a necessidade e a importância da elaboração de novos materiais de aula, além do planejamento de atividades que busquem colocar o aluno no papel de protagonista. Por

exemplo, a professora Cibele destacou que “fazer isso é difícil porque implica em uma produção de material didático muito grande” (CIBELE, 2018, p. 2).

Esse alto volume de produção de materiais iniciou-se desde o momento no qual a mudança para a metodologia SCALE-UP foi aprovada, uma vez que houve a necessidade de adaptar a proposta inicialmente desenvolvida na Universidade Estadual da Carolina do Norte. Todos os docentes entrevistados destacaram que essa metodologia não pode ser implementada sem as devidas alterações e adaptações para a realidade do IFUSP.

> Na verdade, o que eles têm lá [na NCSU] é um banco de dados, de questões, de relatório de experiências, de material, de ideias, enfim, é um banco todo de material, tanto didático, quanto de estudo para os professores, de dicas, de situações diferentes para um aprendizado ativo numa área de Física em nível superior. [...] Não é um protocolo fixo, um negócio como se fosse um método objetivo de ensino ou uma coisa que vem prontinha, na verdade, o que eles criaram foi esse esquema facilitador de forma que eles dão consultoria, eles trocam material didático, eles dão dica, eles respondem dúvida, eles orientam pessoas que estão dispostas a fazer isso. [...] A gente aproveitou algumas atividades deles, a gente desenvolveu muitas atividades novas e originais, a gente adaptou outras, a nossa ementa é outra (CIBELE, 2018, p. 4-5).

> O debate do SCALE-UP aqui é muito em como é que a gente adapta o SCALE-UP pra realidade do Instituto. E tudo bem. Toda vez que se importou alguma coisa, se concluiu isso, desde o PSSC, mas legal também que eles tenham concluído isso agora. É bom partir de um material que já existe, pra não precisar reinventar a roda, mas a ação educacional é sempre uma ação de recriação. É sempre uma coisa que o professor, com os conhecimentos que ele tem, com a sua formação prévia, ele precisa sempre estar reelaborando práticas em relação muito direta ao próprio contexto educacional em que ele vive (IGOR, 2018, p. 6).

Uma questão levantada durante a fase de implementação da metodologia SCALE-UP foi a escolha do livro didático. Historicamente, no IFUSP, as disciplinas

introdutórias à Física utilizam como referência livros tradicionais, como os de autoria de Sears e Zemansky, de Moysés Nussenzveig, de Tipler, de Serway e de Halliday e Resnick. Contudo, para se adequar a uma proposta com atividades práticas em sala de aula, a equipe de professores preferiu adotar o livro *Matter & Interactions*, de Chabay e Sherwood, que já continha sugestões para atividades a serem realizadas em grupos durante as aulas.

A adoção desse livro também foi justificada em função da mudança da matriz curricular do curso de Bacharelado em Física, que extinguiu à disciplina de *Introdução à Física* (conhecida como *Física 0*) e, por consequência, o 1º semestre passou a conter, simultaneamente, as disciplinas de *Cálculo Diferencial e Integral 1* e *Física 1*. Logo, os estudantes ingressantes (cursando *Física 1*) ainda não teriam conhecimentos consolidados de Cálculo, como derivada e integral. Assim, as atividades propostas em *Física 1* focaram-se em simulações computacionais, não havendo a necessidade de pré-requisitos da Matemática para desenvolvimento dessas atividades.

> o *Matter & Interactions* vem com uma abordagem muito grande da simulação computacional. Tem muitos exercícios nele que é simulação de cálculo numérico de integrais e de derivadas. Então o pessoal usou muitos dos exemplos do *Matter & Interactions* pra fazer as atividades de sala. Coisa que os outros livros não têm, né? Essa parte da simulação (ANTÔNIO, 2018, p. 9).

Outro ponto importante em relação à atuação docente é o entendimento que mudanças pedagógicas demandam tempo para atingirem maturidade. Em outras palavras, conforme apontado pela professora Cibele (2018) não se trata de uma técnica a ser aplicada seguindo um conjunto de regras, mas, um método de ensino que exige reflexões, adequações e recontextualizações.

Desde que ocorreu a implementação, a CoC-B realizou um papel de intermediar o diálogo entre o grupo de professores responsáveis pelas disciplinas *Física 1* e *Física 2* e a comunidade do IFUSP no sentido de aperfeiçoá-las, repensando o conjunto de atividades desenvolvidas, o conteúdo trabalhado e as dinâmicas propostas.

> Eu acho que ao longo desses três anos [desde a implementação], todo final de semestre, como CoC, a gente falou com os alunos, a gente viu o que eles tinham pra dizer, a gente conversou com os professores, a gente refletiu e a gente pediu mudanças. E a equipe de *Física 1* e *Física 2* foi sempre atendendo as nossas solicitações (KELLY, 2018, p. 14).

4.3.2 Contribuições da metodologia SCALE-UP para o IFUSP

Impactos internos às disciplinas de Física básica

A principal motivação para a adoção da metodologia SCALE-UP está relacionada com a melhora da aprendizagem, porém avaliar concretamente se houve ou não essa melhora é um processo complexo e que demanda maior tempo de implementação dessa metodologia junto aos alunos.

> É um assunto muito complexo, com muitas variáveis e aí por isso que é muito difícil, na minha opinião, fazer um diagnóstico com bases científicas e reprodutíveis, a gente não... é pouco tempo, está certo? São muitas variáveis, como a mudança da tirada da Introdução à Física, mudança do livro-texto, o perfil do corpo discente, que vem diferente a cada ano e a gente não sabe nem medir nem diferir isso, e essas coisas assim... Então acho que são muitas variáveis (KELLY, 2018, p. 27).

A aproximação do contato entre professor e aluno e entre monitor e aluno permitiu com que as dúvidas dos estudantes pudessem ser solucionadas mais rapidamente.

> Então a minha experiência é que com o SCALE-UP, pelo menos, como o aluno está toda hora fazendo atividade, se ele vem com esse tipo de bagunça[13] na cabeça dele, isso não pode ir muito adiante porque ele não consegue resolver as coisas, sabe? Então eu acho que é proposta na metodologia faz com que o professor seja exposto mais rapidamente a esse tipo de dúvida que eu nunca... já é o quarto semestre que eu dou dessa disciplina e só agora que eu fui surpreendida... como é que alguém pode pensar isso? (KELLY, 2018, p. 21).

[13] A professora estava se referindo a um exemplo, acontecido com ela em outra disciplina, no qual um aluno explicitou uma dúvida, somente no fim do semestre da disciplina, sobre a diferença entre uma função par e o módulo de uma função, diferenciação conceitual da qual dependia grande parte do desenvolvimento disciplina.

Uma primeira avaliação dos impactos da metodologia SCALE-UP nas disciplinas de *Física 1* e *Física 2* consistiu na análise do perfil dos alunos reprovados nessas disciplinas. De acordo com a professora Kelly (2018), desde a implementação dessa metodologia, foi identificado que o percentual dos alunos desistentes dessas disciplinas reduziu.

> Os reprovados por nota é um percentual quase igual dos que vêm sendo reprovados, então, o que a gente notou na estatística é que o abandono por falta e nota, esse reduziu (KELLY, 2018, p. 27) [14].

Outra avaliação dos impactos dessa metodologia quanto ao desenvolvimento de conceitos e habilidades relacionadas às disciplinas de Física básica foi a análise do desempenho dos estudantes na disciplina de *Física 3*, que apresenta como pré-requisito as disciplinas de *Física 1* e *Física 2*. Destaca-se ainda que as disciplinas posteriores ainda se organizam conforme uma proposta mais tradicional de ensino-aprendizagem.

> os indicadores que a Cibele apresentou pra gente é que ele tem tido uma redução da evasão por faltas e que a performance de quem passa em *Física 1* é grande pra passar em *Física 2* e quem passa em *Física 1* e *2* também tem uma performance boa pra ser aprovado em *Física 3* (KELLY, 2018, p. 6).

> Como as pessoas acham que as vezes o SCALE-UP é uma coisa de segunda categoria, então eles já fazem uma relação de causalidade muito direta em afirmar que o aluno não vai conseguir progredir depois em *Física 3* e *4*. E aí, por exemplo, a própria Cibele que é da equipe do SCALE-UP fez um estudo, olhou nos últimos anos as notas nas disciplinas de *Física 3* e *4* e viu que esse problema não existe (IGOR, 2018, p. 4).

[14] A *estatística* mencionada pela professora Kelly (2018) corresponde aos dados tratados em relatório sobre o desempenho obtidos a partir da análise de dados do sistema Júpiter nos anos de 2012 a 2017, das disciplinas de *Física 1*, *Física 2* e *Física 3* (IFUSP, s/db).

As falas dos professores Igor (2018) e Kelly (2015) são corroboradas pela análise realizada no Relatório de avaliação SCALE-UP (IFUSP, s/db), de acordo com o qual

> Observamos que:
> a) Há um aumento na aprovação dos alunos em *Física 1* e *Física 2*, tanto no diurno (D) como no Noturno (N), com exceção dos alunos do curso de Meteorologia em *Física 1*.
> b) Mesmo frente a esses maiores níveis de aprovação em *Física 1* e *2*, os índices de aprovação em *Física 3* tem se mantido compatíveis com aqueles observados antes da extinção de *Introdução à Física* e da "antecipação" da disciplina de *Física 3* do quarto para o terceiro semestre. (IFUSP, s/db, p. 3).

Entretanto, segundo a professora Cibele (2018), mesmo essa sistemática de avaliação pode não trazer resultados conclusivos, uma vez que são diversos os fatores que podem interferir na aprendizagem do aluno.

> Eu acho que precisava de mais tempo, porque não é fácil avaliar. Há muitas interferências, as coisas não são iguais, por exemplo, uma coisa que a gente quer fazer é comparar o desempenho dos alunos nas disciplinas seguintes, mas é sempre muito dependente do professor. Sempre foi. No tradicional ou não. Em quem está dando *Física 3* e *Física 4*, em quem foi dar o resto, então se você tem mais anos, roda mais gente, você tira um pouco esse efeito da estatística, porque mistura mais. Tem um ano que o professor é mais rígido, o outro ano o professor é mais... dá provas mais mastigadas, sei lá, entendeu? Um ano teve greve. É difícil você tirar esse fator, entendeu? Quem desistiu por causa da greve, quem repetiu por causa da greve. Então o professor de *Física 3* e *Física 4* não deu reposição ou outro deu, não sei o que, entendeu? Então com pouco dado é mais difícil você realmente ter essas observações (CIBELE, 2018, p. 18).

Impactos da metodologia SCALE-UP no IFUSP

De acordo com a professora Cibele (2018), a alteração para uma metodologia mais ativa busca não só desenvolver conteúdos e conceitos técnicos relacionados às

temáticas de *Física 1* e *Física 2*, como também desenvolver outras habilidades do estudante. Segundo a professora, a necessidade de o aluno assumir um papel de protagonismo faz com que ele se torne cada vez mais autônomo e ciente do seu próprio papel e estágio na sua aprendizagem (CIBELE, 2018).

> eu acho que essa discussão de metodologias ativas tem tido um papel mais importante historicamente nos cursos iniciais porque eu acho que tem um conjunto de objetivos subjacentes a isso, que o aluno aprenda a estudar, que ele aprenda a organizar as dúvidas dele, que ele seja mais questionador, que ele se aproprie do seu próprio processo de aprendizado e tenha um papel muito mais ativo no seu próprio processo de aprendizado (CIBELE, 2018, p. 12-13).

> a gente [CoC-B] está tentando fazer algum tipo de acompanhamento dos calouros pra tentar dar esse apoio maior, e mostrar pra eles que como é um esquema muito diferente do segundo grau, eles não podem ficar em um ritmo muito devagar, eles tem que tomar o domínio do próprio estudo, que eles tem que ir atrás do conhecimento, que ele não gosta desse livro-texto, vai na biblioteca procurar outro livro-texto, e que a partir de agora não é só mais ficar sentado esperando o professor falar, ele que tem que tomar a iniciativa, ele tem que ir atrás, ele tem que procurar atividades de iniciação científica, ele tem que procurar seminários, ele tem que procurar... sabe? Tudo agora faz parte do interesse e de ele fazer o movimento e não mais, como é na escola, você chega, senta e tudo vem até você, aqui não, ele tem que ter uma outra dinâmica. Eu acho que essa metodologia do SCALE-UP vai nessa direção, de mostrar pro aluno que é bem diferente e que ele tem que tomar a rédea do estudo (KELLY, 2018, p. 6).

> com o SCALE-UP, como tem avaliação toda aula, ele é obrigado a vir e, na hora que ele é obrigado a vir e fazer a atividade, ele tem que seguir o ritmo da turma. Então, eu acho que pra maioria dos alunos que não tem o hábito de estudar sozinho, ele força, ele vai puxando você, porque você tem que ler o material, você tem que fazer exercício, você tem que mandar as listas resolvidas, tem uma série de atividades que é muito maior do que a disciplina tradicional que a gente dava (KELLY, 2018, p. 8).

Entre essas habilidades, a professora Kelly (2018) destaca o trabalho em equipe. Como a maioria das atividades em sala de aula na metodologia SCALE-UP é

desenvolvida em grupo, de acordo com a professora, percebeu-se o fortalecimento do sentimento de grupo nas turmas ingressantes no curso de Bacharelado em Física e entre os alunos do IFUSP como um todo (KELLY, 2018).

> A minha percepção é que essa metodologia tem estimulado muito nos alunos a sensação de turma, porque como eles passam muito mais tempo fazendo atividades em conjunto, eles tem mais tempo para conversar, mais tempo para discutir e o que tem se percebido é que tem aparecido mais iniciativas de turma, não iniciativas individuais [...] aparentemente existe uma sensação agora de mais companheirismo do que existia antes (KELLY, 2018, p. 7).

> a minha percepção geral é que pelo fato de eles terem muito que trabalhar em equipe, algum tipo de vínculo eles vão desenvolvendo. Depois que o SCALE-UP apareceu, alguns grupos de alunos se juntam de anos seguintes para tirar dúvidas de anos anteriores. Isso a gente não tinha e agora a gente tem. Então, a minha percepção é que sim. O SCALE-UP, nessa linha, que são as relações sociais dentro da universidade, ele tende a melhorar muito do que simplesmente você assistir a aula e pegar a lista de exercícios, porque como é que você vai saber se você vai conseguir resolver legal com aquele seu amigo se você não tentar? Então eu acho que forçar essa tentativa, ou seja, ter que trabalhar junto, você pode detestar a pessoa, então se no próximo grupo você tem chance de mudar, aí você vai experimentando até uma equipe em que "Opa! Essas pessoas aqui eu tenho afinidade". Então eu acho que esse tipo de atividade é sempre bom (KELLY, 2018, p. 9-10).

De acordo com os professores Cibele (2018) e Antônio (2018), o melhor rendimento dos alunos nas disciplinas introdutórias de Física também pode ter impactado nas atividades de iniciação científica no IFUSP e reduzido a evasão do curso de Bacharelado em Física. Embora essa percepção seja compartilhada por ambos os professores, não há menção explícita a essa informação no Relatório de avaliação SCALE-UP (IFUSP, s/db).

> Existem algumas coisas que são gritantes, por exemplo, a evasão diminuiu muito [...] houve um aumento de alunos envolvidos com

> iniciação científica e com coisas institucionais. (CIBELE, 2018, p. 18).

> o SCALE-UP tem mostrado resultados bem positivos. Tem uma análise de dados preliminares que a CoC do bacharelado tem feito[15]. Tem indícios muito fortes de que houve redução na taxa de evasão no curso do bacharelado. [...] as disciplinas de Física mais avançadas tiveram um aumento no número de alunos matriculados, o que pra gente soou como um indício da diminuição da evasão. Então as turmas estão mais cheias do que estavam, por exemplo, há 3 ou 4 anos atrás. As disciplinas de *Física 3* e *4* que vem depois de *Física 1* e *2* também tem um número maior de alunos matriculados, também é outro indício. Esse ano, que já deu 4 anos de SCALE-UP, a gente já percebeu um aumento muito grande no número de formados no bacharelado, teve um recorde histórico do número de formados agora no começo do ano (ANTÔNIO, 2018, p. 5-6).

Já entre os docentes do IFUSP, o contato com outras metodologias de ensino-aprendizagem distintas do modelo tradicional é benéfico, uma vez que abre possibilidades e precedentes para mudança da própria prática didático-pedagógica, por iniciativa dos próprios docentes.

> Aconteça o que acontecer, mesmo que encerre, eu acho que teve um papel muito importante. Eu acho que hoje perto de 100% dos professores do Instituto descobriram que existe uma coisa chamada metodologia ativa, viram que existe um monte de universidades conhecidas que estão fazendo experiências na área de ensino, de novas metodologias, de incorporação dessas coisas, viram que quem está fazendo isso são professores da área de Física dura, digamos assim, e não necessariamente pesquisa em ensino de Física. Eu digo isso não porque eu critique a pesquisa, eu acho que, assim, que é algo ao alcance deles, entendeu? Não é uma coisa que você vai ter que largar de fazer o que você está fazendo, pra ir pra uma outra instituição, pra um outro lugar, pra poder trabalhar com isso. Não, são coisas que você mesmo pode, de repente, começar na sua sala de aula aqui (CIBELE, 2018, p. 16).

[15] A análise a que se refere o professor Antônio é a mesma a que se referiu a professora Kelly (IFUSP, s/db).

A organização da equipe de professores que trabalha com a metodologia SCALE-UP difunde o contato com essa metodologia, uma vez que a cada ano parte da equipe é renovada, possibilitando que a cada ano, mais docentes experimentem uma forma diferente de trabalhar em sala de aula.

> a cada semestre alguns docentes saíram, outros entraram. E com isso a equipe tem se renovado anualmente em torno de 30% da equipe e aí quando vê sempre tem uma pessoa entrando na equipe e aí quando ela entra na equipe que ela vê aquelas atividades e tudo, aí ela vai dizer "Mas por que não isso? Por que não aquilo?" Então ela provoca uma discussão dentro da própria equipe, a partir de uma visão de uma pessoa que está de fora e aí vai fazer o debate "Ah! E se fizer isso?", "Isso aqui a gente já fez. Não dá. Levou muito tempo.", "Ah. Isso aqui a gente está com o intuito de discutir desse assunto", aí a pessoa fala "Mas olha. Tem essa outra forma de discutir.". Então ela vai trazendo incrementos à equipe e isso a gente acha que é muito bom (KELLY, 2018, p. 14).

4.3.3 Contradições internas ao SCALE-UP

Apesar de não se configurar uma crítica direcionada exclusivamente à metodologia SCALE-UP, deve-se destacar que essa metodologia (e outras propostas consideradas inovadoras, como PUM, PI e STEAM (MATTOS, 2019)) não pode ser simplesmente aplicada, mas, por outro lado, exige um trabalho de apropriação e recontextualização, sendo necessário o trabalho conjunto dos docentes, dos alunos e da instituição para, conforme já discutido na seção 4.1.1, adequar a proposta para a realidade específica a qual será implementada.

> A ressalva só que eu faço ao SCALE-UP é que de vez em quando existe um marketing em volta dele e as vezes ele já é vendido como se fosse a maior inovação do século e não é isso (IGOR, 2018, p. 5).

Por se tratar de uma proposta de trabalho diferenciada em relação àquelas que os alunos estão acostumados, a equipe de professores das disciplinas de *Física 1* e *Física 2* realiza um questionário de avaliação do curso no final de cada semestre, de modo a coletar as percepções dos alunos quanto à nova metodologia.

Conforme entrevista da professora Cibele (2018), pouco mais de 50% dos alunos afirma nesse questionário (anônimo) que, se pudesse escolher, preferiria fazer o curso utilizando a metodologia SCALE-UP, em relação ao método tradicional. Por outro lado, cerca de 1/3 dos alunos não gosta da metodologia. Na percepção da professora Cibele, essa avaliação negativa da metodologia pode estar relacionada com dois fatores: a necessidade de se dedicar ao curso durante todo o semestre e não apenas nas vésperas das provas, uma vez que há diversas atividades avaliativas distribuídas ao longo do curso; ou, para pessoas mais introvertidas, a necessidade de obrigatoriamente desenvolver as atividades de forma coletiva. De acordo com as professoras Cibele (2019) e Kelly (2019),

> sistematicamente a gente tenha feito nos dois ou três primeiros anos um questionário anônimo individual com índice de resposta de 80% dos alunos sobre vários detalhes do método [...] a gente tinha uma pergunta assim "Se você tivesse a escolha, você preferiria ter feito o curso tradicional ou esse?". É um pouco menor o número de pessoas que preferia ter feito esse. A gente acha que esse curso dá mais trabalho e que as pessoas muitas vezes prefeririam ter feito o outro por outras razões e não por conta do aprendizado dela e tal, mas tem um terço dos alunos, mais ou menos, que não gosta (CIBELE, 2018, p. 8-9).

> eu entrevistei vários alunos formandos sobre a metodologia. [...] vários disseram "Não! Foi horrível! Foi péssimo!" e aí quando eu pergunto "Mas por que foi péssimo?", "Ah! É uma disciplina excessivamente trabalhosa, eu tive que gastar não sei quantas horas nessa disciplina!" (KELLY, 2018, p. 8).

Além da necessidade de maior dedicação à disciplina por parte dos alunos (e também dos docentes para elaboração dos materiais e das atividades), outro ponto gerador de muitos debates, segundo os quatro entrevistados, encontra-se no livro didático (*Matter & Interactions*) adotado como referencial bibliográfico das disciplinas de *Física 1* e *Física 2*. A adoção desse livro foi justificada com base nas atividades desenvolvidas junto aos alunos em sala de aula, porém gerou muitas críticas, tanto pelo menor formalismo matemático presente no livro, como por uma abordagem diferente de conteúdos tradicionais de Física.

> Então esse livro do *Matter & Interactions*, ele tenta trazer essa parte da primeira abordagem da mecânica como a relativística e depois ele entra no específico da clássica e aparentemente ele não foi muito feliz, entendeu? [...] Então ele tenta fazer essa linha de apresentar o mais amplo e simplificar, só que ele não se aprofunda no amplo pra não deixar o texto muito pesado. Então ele nem explica o amplo e nem explica a simplificação. Então tem várias coisas nesse pedaço da dinâmica, que ele sempre está introduzindo com o gama relativístico e depois joga o gama fora sem mais nem menos, então isso aí causou um mal-estar global e generalizado. Adicionalmente há uma nomenclatura que não é a nomenclatura que a gente usa [...] ele não dá os nomes que toda a contextualização da física usa. Então isso

> confundi, porque se você não fala logo de cara pro aluno que isso aqui é a segunda lei e você fica usando outro nome, aí depois quando vem qualquer pessoa falar com você, você não consegue naturalmente fazer o vínculo que aquilo que você estudou é a segunda lei. Então, isso também causou muita insatisfação: dizer que os alunos acabam a disciplina de *Física 1* sem saber o que é primeira, a segunda e terceira lei de Newton (KELLY, 2018, p. 13-14).

> esse livro traz uma abordagem diferente de mecânica, ele começa com Leis de Newton e aí ele traz a cinemática como sendo uma consequência das Leis de Newton e não como é feito tradicionalmente em que você primeiro estuda cinemática para depois estudar as Leis de Newton (ANTÔNIO, 2018, p. 1).

Essas críticas levaram a equipe de professores a reescrever parte dos capítulos trabalhados nas disciplinas de *Física 1* e *Física 2*, de modo a melhor adequar a material didático ao contexto específico dessas disciplinas.

> Eu particularmente acho que o livro tem deficiências, mas que podem ser sanadas. A equipe tem feito textos novos, por exemplo, *Física 1*, praticamente não usa mais o *Matter & Interactions*. É quase tudo baseado em textos que a própria equipe escreveu. *Física 2* também usa pouco o *Matter & Interactions*. Então eles foram aceitando essas críticas em relação ao livro e foram dando uma reequilibrada nisso (ANTÔNIO, 2018, p. 8).

Entretanto, mesmo com essa adaptação do material utilizado, a adoção do livro *Matter & Interactions* ainda é um grande ponto de conflito, sendo levantada nas entrevistas a possibilidade de no cerne desse conflito estar a questão da não adoção de livros tradicional e sistematicamente utilizados no IFUSP.

> Eu nunca consegui entender direito esse problema e eu acho que ele é um problema porque tirou o Moysés [...] partem do pressuposto de que nada no mundo poderá ser melhor do que aquele livro. (CIBELE, 2018, p. 7).

4.3.4 Contradições na relação SCALE-UP – IFUSP

A mudança para a metodologia SCALE-UP coincidiu com a alteração da matriz curricular do curso de Bacharelado em Física que, entre diversas modificações, extinguiu o curso de *Introdução à Física* e alocou, no primeiro semestre do curso, as disciplinas de *Física 1* e *Cálculo 1*. Simultaneamente à adoção da metodologia SCALE-UP,

> a gente fez uma mudança na grade curricular no bacharelado que foi a retirada da *Introdução à Físic*a, que fazia com que a *Física 1* já fosse dada quando a pessoa já tinha acabado *Cálculo 1*, a *Física 2* quando tinha acabado *Cálculo 2*, a *Física 3* e assim por diante. Então eu acho que essa mudança, de alguma forma, ela impactou muito na percepção dos alunos. Comparativamente, quando eu aprendo Física, que eu ainda não sei a matemática necessária, como derivar e integrar. Então isso até agora está causando um pouco de ruído. Então infelizmente quando a gente fez a mudança, a gente não estava contando que iria se implementar o SCALE-UP e aí as duas mudanças vieram juntas, acompanhadas. Até agora a gente está com dificuldade um pouco de tirar o que que é o efeito de uma e o que que é o efeito da outra (KELLY, 2018, p. 1).

Além de ser complicada a distinção entre *alteração da matriz curricular* e *alteração da metodologia para SCALE-UP*, a reorganização das disciplinas também teve impacto na abordagem dada aos conteúdos, principalmente na disciplina de *Física 1*. O fato de no IFUSP coexistirem alunos que participaram das duas propostas metodológicas gera comparações quanto à profundidade dos conteúdos desenvolvidos nas aulas.

> O conteúdo de *Física 1* tem que ser dado em 1 semestre e adicionalmente como o conteúdo não é dado na lousa, ele é formalizado dentro de vários exercícios e atividades, as atividades passaram a ser mais numéricas e menos analíticas, porque como eles ainda não viram derivada, como é que você vai dar um monte de problema analítico, entendeu? Então isso fica uma sensação no aluno assim: numericamente ele faz através do computador, então é fácil,

> porque não é ele que faz a conta e quando ele vai fazer a conta também ninguém vai dar números muito complicados, você tenta simplificar pra que não fique enfadonho você fazer uma resolução numérica da equação. E essa parte analítica tem que ser segurada um pouco mais, até o finalzinho de *Física 1* no SCALE-UP e principalmente eles vão tratar realmente com a matemática mais formal, dedução e cobrar a parte da derivada na *Física 2*. Então os alunos veteranos ficam dizendo assim "Ah! Vocês estão muito atrasados, porque vocês nem estão vendo derivada. Ah! Mas esse problema de velocidade é muito fácil!". Então pelo fato de você não ter equações complicadas para lidar analiticamente, pode passar a falsa impressão de que o conteúdo está sendo dado de forma mais fácil (KELLY, 2018, p. 2-3).

A percepção de que a metodologia SCALE-UP simplificou a discussão das temáticas de *Física 1* e *Física 2* também é compartilhada, na visão dos entrevistados, por alguns docentes do IFUSP, seja porque há uma redução do formalismo matemático nos exercícios iniciais, seja porque a metodologia é associada com alunos com dificuldade ou com formação deficiente em Física e Matemática no Ensino Médio.

> o Instituto é muito polarizado e hoje em dia, especificamente, os professores da Física Matemática eles estão pregando de que os alunos que estão passando pelo SCALE-UP não estão aprendendo o que eles deveriam aprender, do ponto vista das provas, entendeu? Eu olho a prova e digo "Não, eu aplicaria uma prova dessa na minha sala de aula de *Física 1* e *Física 2*", não é? Então eu não vejo diferença, mas tem professores que olham as provas e falam assim "Não, mas essa prova está fácil demais", entendeu? (KELLY, 2018, p. 23-24).

> Como essa metodologia tem um caráter... ela vem pra lidar com um problema que é a dificuldade de aprendizagem dos alunos... as vezes a impressão que dá é que as pessoas lidam como se essa fosse uma metodologia para alunos ruins. O que muito diferente. Uma coisa é dizer que é uma metodologia que tenta lidar com as dificuldades de aprendizagem, outra coisa, falando o português claro, é como se fosse uma metodologia para aluno burro. O que é uma vulgarização total de qualquer iniciativa pedagógica. E aí, sendo uma metodologia para aluno burro, o que ela vai fazer é balizar por baixo. Então seria uma metodologia em que você vai tratar todo mundo como sendo mau aluno e aí a consequência seria um curso de baixo nível. [...] então eles automaticamente acham que aquilo é curso pra aluno ruim e que

> no fundo a gente está impedindo que os bons alunos continuem sendo geniais, como eles imaginaram que sempre foram até hoje (IGOR, 2018, p. 8).

Entretanto, a professora Kelly (2018) destaca que essa discussão deve ser ampliada, passando a incluir qual é o perfil e o nível de conhecimento dos alunos ingressantes, de forma que as disciplinas introdutórias tenham a real compreensão do aluno que estão recebendo.

> Então... isso na minha opinião passa por toda uma outra problemática daqui de Instituto, que a gente pretende iniciar um ciclo de discussões, que é o que que nós achamos que é o nosso aluno de entrada, porque eu acho que boa parte dos docentes não sabe, que conhecimentos os nossos alunos têm quando entram e conhecimento nós queremos que eles finalizem ao final do primeiro ano. Sabe... eu acho que essa informação ela não é uníssona dentro do Instituto. Tem pessoas que ainda acham que os alunos aprendem derivada no colégio. Se você for conversar eles falam "Ah! Mas na minha época eu aprendi, hoje em dia não ensina mais?", ou seja, a pessoa está totalmente... Eles estão totalmente.... assim, os docentes atuais eu percebo que existe um desvio, um desvinculamento muito forte para eles entenderem o que é o segundo grau hoje. E, portanto, qual é o nível do aluno que entra. E se a gente tem que trabalhar com esses alunos, porque não tem como a gente mudar os alunos, a gente tem que fazer todo um planejamento diferente do que era antigamente. Então eu percebo que, hoje em dia, com o nível de informação que os alunos têm pela internet...a dinâmica de vida é outra, ela é muito mais rápida e tem muitas outras coisas... (KELLY, 2018, p. 24).

A abertura para a discussão mencionada pela professora Kelly e o repensar da ação pedagógica por parte dos professores do IFUSP demanda tempo e dedicação, o que entra em conflito com as demais atribuições dos professores, com destaque para as atividades de pesquisa, consideradas pela própria Academia como prioritárias. Nesse sentido, o desenvolvimento de novas metodologias de ensino-aprendizagem por parte dos docentes do IFUSP para os seus alunos não é valorizado, financeira e coletivamente.

> A carreira acadêmica é focada, o desenvolvimento individual da pessoa, a valoração dentro da carreira acadêmica é essencialmente atualmente centrada nas atividades de pesquisa, você gastar muito tempo com aula, com ensino, concorre em tempo com isso. Todo mundo fala que é bom, mas, na prática, se você fizer isso, você vai ter pontos a menos. Você corre risco de perder sua bolsa do CNPq, nas avaliações da reitoria você não é bem cotado, assim como algumas coisas administrativas. Depois eu acho que as pessoas individualmente não querem gastar tempo com isso, então é mais cômodo pra elas continuarem dando aula do jeito que ela tem (CIBELE, 2018, p. 22).

A valorização dada à ação pedagógica interfere, também na percepção dos docentes, na função das disciplinas de *Física 1* e *Física 2*, do conjunto de disciplinas cursadas ao longo da Graduação e do próprio curso de Bacharelado em Física como um todo. Nesse sentido,

> Pra você avaliar, você precisa ter claro o que você espera desse curso. O problema maior é que as pessoas têm expectativas muito diferentes do curso. Então quem tem uma expectativa de que *Física 1* tem que ser um curso puxado formal, que você puxe no cálculo, pode achar que o curso é ruim, porque a gente está desenvolvendo as coisas mais conceituais, outros podem achar que o outro é ruim, entendeu? Eu já vi gente falar, assim, que evasão não é um problema, é uma solução, entendeu? Porque você filtra, as pessoas vão embora e você fica só com aquele grupo de alunos que te interessa mesmo. Então, assim, eu acho que se você não tem claro qual o objetivo que você quer pro curso, fica muito difícil fazer essa avaliação. E eu acho que isso não é claro pro Instituto (CIBELE, 2018, p. 13-14).

Talvez as críticas à metodologia SCALE-UP mascarem uma discussão mais ampla que deve ser enfrentada, relacionada a quais conteúdos devem ser desenvolvidos junto aos alunos, quando e porquê. Em outras palavras, uma discussão que englobe o currículo do curso de Bacharelado como um todo.

> os conflitos são conflitos de opiniões que existem entre os docentes do Instituto mesmo, com relação ao que deve ser o ciclo básico, ao que deve ser o próprio currículo, quais são os objetivos de ensino e essas

> coisas, mais do que o método propriamente dito, entendeu? (CIBELE, 2018, p. 15).

O papel de intermediar essas discussões mais amplas ficaria a cargo das comissões (CoC, CG) e órgãos do instituto que

> tem um papel decisivo e isso só eles podem fazer, que é ir na direção de precisar o que se espera desses cursos básicos, inclusive de uma forma mais integrada, porque hoje você pode, por exemplo, dar um curso... um professor tem liberdade de dar um curso de *Física 3*, que é um curso de eletro praticamente, onde ele gasta uma aula e meia pra falar da forma integral das leis de Maxwell, já entra com as equações de Maxwell diferencial, está dando coisa que são só conteúdo de eletro, nem estão na ementa oficial do final do curso e isso ele pode fazer, como pode não dar assim. Então eu acho que esse concatenamento, se se espera ou não, que nível mais ou menos de desenvolvimento formal se espera dos cursos de Física básica, qual a importância de você desenvolver intuição, pequenos experimentos, porque tudo isso compete no tempo, você percebe? Se você vai investir em uma direção, talvez você tenha que abrir mão de um pouco de treino em outra direção. Então, isso é uma coisa que só a CoC e a CG podem fazer, porque não compete a uma equipe de *Física 1* fazer (CIBELE, 2018, p. 20).

Contudo, para que essa mediação seja realizada, é importante que a atuação dessas comissões e órgãos seja ressignificada e ampliada, uma vez que, atualmente

> O trabalho da CoC fica muito mais limitado a, por exemplo, saber se o professor está cumprindo a ementa ou não e ele não entra tanto no mérito de questões metodológicas, quer dizer, como que o professor está desenvolvendo aquilo. Nessa linha, quer dizer, o mais comum é que a gente mais fique atento, por exemplo, assim, se o professor fez coisas mínimas do tipo apresentou o programa aos alunos, se o professor durante o curso explicitou como eram os critérios de avaliação. Então são questões metodológicas muito mais gerais e é isso que a gente toma conta mais efetivamente. [...] Uma falha institucional, que eu acho que é uma falha que todo mundo reconhece e que é institucional porque acho que não é culpa de um personagem específico, é que, aqui na Física, a gente ainda tem poucos mecanismos de acompanhamento de curso (IGOR, 2018, p. 1-3).

5. CONSIDERAÇÃO FINAIS

Esse projeto de pesquisa buscou compreender o processo de escolha, implementação e adaptação da metodologia SCALE-UP nas disciplinas de Física básica do curso de Bacharelado em Física do IFUSP. Ao longo do trabalho de investigação, identificamos que os sentidos acerca do porquê, para quê e como mudar uma metodologia de ensino não foram compartilhadas da mesma foram pelos sujeitos envolvidos na atividade. Nossa análise dessa implementação educacional teve como foco principal os aspectos institucionais relacionados a essa transformação educacional.

Algumas inovações pedagógicas modernas propagandeiam a ideia de que procuram tornar o processo de ensino-aprendizagem mais efetivo, por meio da proposição de situações nas quais os alunos assumam um papel ativo de protagonismo nesse processo.

No caso da Universidade Estadual da Carolina do Norte, nos Estados Unidos, foi desenvolvida a metodologia SCALE-UP, baseada em atividades coletivas de investigação e experimentação, favorecendo interações entre professor e aluno e entre alunos, no espaço-tempo da sala de aula. Essa metodologia se difundiu, não só nos Estados Unidos, mas em diversas instituições de ensino superior no mundo. Por exemplo o caso que analisamos, no qual a metodologia foi escolhida por um grupo de docentes do IFUSP para ser implementada nas disciplinas de Física básica, alegando-se que tinham como objetivo melhorar o processo de ensino-aprendizagem de física nos cursos dessa instituição.

Inicialmente, a motivação que levou o grupo de professores responsáveis pelas disciplinas de *Física 1* e *Física 2* a adotar a metodologia SCALE-UP estava relacionada

com questionamentos relativos às dificuldades de aprendizagem e engajamento dos estudantes do IFUSP nessas disciplinas, que anteriormente, estavam baseadas em metodologias mais tradicionais, voltadas para aulas expositivo-dialogadas e de resolução de exercícios.

Com objetivo de compreender como é desenvolvida a dinâmica das aulas nas disciplinas de Física básica, realizamos um semestre de observação participante periférica na disciplina de *Física 2*, ao longo da qual identificamos uma contradição em torno da importância do trabalho coletivo para a aprendizagem. Por um lado, a escolha da metodologia SCALE-UP é um indicativo da valorização das interações como base do processo de ensino-aprendizagem, o que é reforçado no documento de apresentação dessa disciplina elaborado pelos docentes responsáveis e compartilhado com os alunos. Entretanto, por outro lado, na definição dos instrumentos e do método de avaliação, ainda é dada maior importância a atividades realizadas individualmente, como provas e listas de exercícios, em detrimento daquelas realizadas em grupo. Além disso, nos objetivos de aprendizagem declarados semanalmente no conteúdo programático da disciplina, há presença exclusiva de objetivos relacionados ao conteúdo teórico.

Em parte, a maior valorização de instrumentos de avaliação mais tradicionais está relacionada com pressões do restante do corpo docente e do próprio corpo discente. Uma vez que a utilização de metodologias ativas ainda é embrionária no IFUSP (e, de modo geral, em outras instituições de ensino superior), a *prova individual escrita* continua sendo considerada o melhor (e, às vezes, o único) instrumento de avaliação da aprendizagem dos alunos.

Dessa forma, para um professor ou aluno não acostumado a trabalhar com metodologias ativas, não é imediato compreender que a aprendizagem também ocorre em interações diferentes da tradicional relação professor-lousa-aluno.

Por exemplo, durante a observação participante periférica, acompanhamos alunos que se empenhavam na realização das leituras prévias recomendadas pelo professor, trazendo os textos impressos, lidos, grifados e com anotações. A postura desses alunos quanto às leituras indica o interesse em seguir os procedimentos determinados pelo professor. Por outro lado, colegas da mesma turma apresentavam um posicionamento distinto em relação às leituras, não as realizavam e questionavam sua importância para os demais alunos. Essas visões antagônicas quanto à realização das leituras prévias são um indicativo de que não há um consenso entre os alunos em relação à importância delas para a aprendizagem.

Na continuidade da nossa investigação, para ampliar a nossa compreensão em torno dos aspectos institucionais relacionados à implementação e manutenção da metodologia SCALE-UP no IFUSP, entrevistamos quatro docentes ligados às disciplinas de Física básica ou a comissões responsáveis pelo curso pedagógica e academicamente.

Para análise dessas entrevistas, utilizamos a técnica da análise de conteúdo e definimos quatro categorias de análise, a saber: (i) *processo de proposição de implementação da metodologia SCALE-UP*; (ii) *contribuições da metodologia SCALE-UP para o IFUSP;* (iii) *contradições internas ao SCALE-UP;* e (iv) *contradições na relação SCALE-UP – IFUSP*. O processo de categorização nos permitiu organizar e agrupar de forma lógica informações provenientes das falas de diferentes pessoas. Essa

estruturação, por sua vez, auxiliou a construção de uma visão mais ampla da atividade estudada.

Ao analisarmos as informações agrupadas em torno da categoria (i) *processo de proposição de implementação da metodologia SCALE-UP*, identificamos que não há, no IFUSP, um protocolo para análise de propostas de inovações pedagógicas. Em outras palavras, a sequência de etapas para proposição e implementação de uma dessas inovações depende dos sujeitos envolvidos nessas etapas (tanto dos docentes proponentes das inovações quanto dos docentes membros das comissões que as analisam) e de cada proposta.

A ausência de um protocolo para implementação de inovações pedagógicas também se reflete na ausência de um protocolo institucional para a avaliação dos impactos decorrentes da implementação de inovações no IFUSP, como destacado na análise das falas agrupadas em torno da categoria (ii) *contribuições da metodologia SCALE-UP para o IFUSP*.

A inexistência desses protocolos é um indicativo de que não há clareza, entre os docentes do IFUSP, acerca dos objetivos associados a essas inovações pedagógicas e, de forma mais ampla, acerca dos objetivos de aprendizagem do curso como um todo. Afinal, para que seja possível definir uma metodologia de avaliação dos impactos mencionados, primeiro é preciso discutir e estabelecer o que se espera dessas propostas e do próprio curso.

A mobilização de diferentes sujeitos da atividade, em torno das transformações ocorridas nessas duas disciplinas, é um indicativo de que, apesar de não haver um consenso quanto ao que deve ser aprendido, há sim interesse com essas discussões no IFUSP, como pode ser verificado com a organização de um colóquio específico sobre a

metodologia SCALE-UP (PRADO, 2018) no IFUSP. As informações presentes nas entrevistas relacionadas às diferentes visões acerca do que deve ser aprendido e ensinado nas disciplinas de Física básica e no curso como um todo foram agrupadas na categoria (iv) *contradições na relação SCALE-UP – IFUSP*.

A superação dessa contradição com a busca de um consenso institucional relacionado aos objetivos de aprendizagem do curso poderia ser vista como a força-motriz para a melhora do processo de implementação de inovações pedagógicas no IFUSP, assim como para manutenção da metodologia SCALE-UP.

Dessa forma, entendemos que a discussão em torno de inovações pedagógicas não deveria ficar restrita apenas a essas duas disciplinas, uma vez que para concluir a graduação no curso de Bacharelado em Física, um aluno deve ser aprovado em mais de trinta disciplinas[16]. Ou seja, a preocupação de melhoria pedagógica não deveria se restringir à metodologia de ensino-aprendizagem de apenas duas disciplinas, nem de disciplinas isoladas, mas na articulação entre disciplinas, ou seja, no curso como um todo. Frente a necessidade de formação de um bacharel que domine as relações teórico-empíricas da Física, as definições de objetivos de aprendizagem não deveriam ocorrer apenas internamente a cada disciplina, mas de forma coordenada entre todas as disciplinas.

Compreendemos que a ampliação de discussões em torno da aprendizagem dos alunos, do processo de avaliação institucional e da metodologia empregada em cada disciplina é o primeiro passo para que haja a superação das contradições acerca do que deve ser ensinado e aprendido na formação de um físico.

[16] Para graduar, um aluno deve cumprir 24 disciplinas obrigatórias (1680 horas-aula) e, em média, 10 disciplinas optativas (720 horas-aula).

Ainda com base nas entrevistas realizadas e nas informações agrupadas em torno da categoria (iii) *contradições internas ao SCALE-UP*, não podemos considerar que foi realizada a implementação de um método de ensino concebido na Universidade Estadual da Carolina do Norte (NCSU – EUA). Ficou muito clara a necessidade de adaptações do método para adequação ao contexto particular do IFUSP, às próprias disciplinas e aos sujeitos envolvidos (professores, monitores e alunos).

Um exemplo concreto de recontextualização mencionado pelos docentes entrevistados está relacionado ao material didático adotado. Na proposta original, o livro *Matter & Interactions* deveria ser adotado, mas tem sido gradativamente complementado pela utilização de outros materiais didáticos, entre eles, textos autorais elaborados pelos próprios docentes das disciplinas.

Nesse sentido, não podemos imaginar o processo de inovação pedagógica como uma simples importação de uma metodologia desenvolvida em outro contexto educacional. Assim, é saudável que se utilizem modelagens pedagógicas inovadoras, mas que sirvam como ponto de partida, sabendo-se que será imprescindível que os sujeitos envolvidos nessas implementações se apropriem e ressignifiquem as propostas pedagógicas adotadas recontextualizando-as para o novo ambiente educacional em toda a sua complexidade.

Ao fim de nossa trajetória de pesquisa, entendemos que as categorias de análise aqui propostas e utilizadas poderiam servir de base para elaboração de um protocolo institucional para implementação de inovações pedagógicas no IFUSP. Esse protocolo, contendo a sequência de etapas, tanto pedagógicas quanto burocráticas, para o *processo de proposição e implementação de inovações pedagógicas*, poderia auxiliar tanto os docentes interessados em transformar a sua própria prática didática quanto estruturar

como a instituição avaliaria as propostas realizadas e *as contribuições das inovações implementadas*.

Entretanto, mais importante do que o protocolo formal finalizado, é o processo por meio do qual tal protocolo é desenvolvido. É nesse processo que os membros da instituição terão a oportunidade de discutir e buscar a superação das *contradições internas às inovações implementadas* e das *contradições estabelecidas entre as disciplinas isoladas e o curso como um todo* ou seja, transformando a atividade institucional.

A discussão institucional proposta nesta dissertação pode ser ampliada e complexificada a partir de pesquisas e trabalhos futuros voltados, por exemplo, para uma avaliação mais detalhada dos impactos relativos ao processo de ensino-aprendizagem relacionado a essas inovações pedagógicas, entre elas a metodologia SCALE-UP. Assim, uma avaliação institucionalizada, contínua e transversal dos processos de ensino e aprendizagem, ao longo de toda a graduação, permitiria identificar impactos dos mais diversos nos graduandos, nas disciplinas e nas suas articulações, não só, mas principalmente, quando são incluídas inovações pedagógicas.

REFERÊNCIAS

ADLER, P. A; ADLER, P. **Membership roles in field research**. Qualitative Research Methods Series 6. Newbury Park: Sage Publications, Inc, 1987.

ANTÔNIO. **Entrevista I**. [jun. 2018] Entrevistadora: Gabriela Siqueira de Paula Souza Lavacchini Ramunno. São Paulo, 2018. EntrevistaAntonio.mp3 (22 min).

ASTIN, A. W. Student Involvement: A Developmental Theory for Higher Education. **Journal of College Student Development**, v. 40, n. 5, p. 518-529, 1999.

ASTIN, A. W. **What matters in college?**. Liberal Education, v. 79, n. 4, p. 4-15, 1993.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2016.

BEICHNER, R. J.; SAUL, J. M.; ABBOUTT, D. S.; MORSE, J. J.; DEARDORFF, D. L.; ALLAIN, R.J.; BONHAM, S. W.; DANCY, M. H.; RISLEY, J. S. Student-Centered Activities for Large Enrollment Undergraduate Programs (SCALE-UP) project. In: REDISH, E. F.; COONEY, E. F. (eds) **Research-Based Reform of University Physics**. American Association of Physics Teachers, 2007.

BEICHNER, R. J. History and Evolution of Active Learning Spaces. **New Directions for Teaching and Learning**, n. 137, p. 9-16, 2014.

BOGDAN, R.; BIKLEN, S. **Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. Porto: Porto editora, 1994.

BOGDAN, R.; TALYOR, S. **Introduction to qualitative research methods: A phenomenological approach to the social sciences**. Nova Iorque: J. Wiley, 1975.

CASTRO, T. Sob inspiração socrática. **Jornal da USP**, n. 1066, 2015. Disponível em: <http://portal.if.usp.br/imprensa/pt-br/node/746>. Acesso em: 17 jan. 2019.

CHIZZOTTI, A. **Pesquisa em ciências humanas e sociais**. São Paulo: Cortez. 2010.

CHIZZOTTI, A. Educação Superior e o Mercado de Serviços Educacionais. **Revista e-Curriculum**, v.12, n. 1, p. 898-924, 2014a.

CHIZZOTTI, A. **Pesquisa qualitativa em ciências humanas e sociais**. Petrópolis: Vozes. 2014b.

CIBELE. **Entrevista II**. [abr. 2018] Entrevistadora: Gabriela Siqueira de Paula Souza Lavacchini Ramunno. São Paulo, 2018. EntrevistaCibele.mp3 (60 min).

CRAWFORD, B. A. Learning to Teach Science as Inquiry in the Rough and Tumble of Practice. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 44, n. 4, p. 643-642, 2007.

DAVIS, C. & OLIVEIRA, Z. M. R. **Psicologia na Educação**. São Paulo: Cortez. 2010.

DEWEY, J. **The Child and the Curriculum**. The University of Chicago Press. 1902.

DUARTE, R. Entrevistas em pesquisas qualitativas. Educar, Curitiba, n. 24, p. 213-225, 2004.

ENGESTRÖM, Y. **Learning by expanding: an activity-theoretical approach to developmental research**. Helsinki: Orienta-Konsultit, 1987.

ENGESTRÖM, Y. Developmental work research as educational research: Looking ten years back and into the zone of proximal development. **Nordisk Pedagogik**. Journal of Nordic Educational Research 16, p. 131-143, 1996.

ENGESTRÖM, Y. Expansive Learning at Work: toward an activity theoretical reconceptualization. **Journal of Education and Work**, v. 14, n. 1, 2001.

ENGESTRÖM, Y. The future of activity theory: a rought draft. In: SANNINO, A.; DANIELS, H.; GUTIÉRREZ, K. D. (eds) **Learning and Expanding with Activity Theory**. Cambridge University Press, 2009.

FRANCO, E. K. **Movimentos de mudanças: um estudo de caso sobre inovação curricular em cursos de Licenciatura da UFPR Litoral**. 2014. p. 263. Doutorado em Educação: Currículo – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2014

FRANCO, M. L. P. B. **Análise de Conteúdo**. 5ª Edição. Campinas: Editora Autores Associados, 2018.

HAKE, R. R. Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. **American Journal of Physics**, v. 66, 1998.

HARRES, J. B. S.; LIMA, V. M. R.; GESSINGER, E. M.; DELORD, G. C. C.; BALZANO, E.; SERPICO, M.; CUOMO, F.; MICHININI, C.; BREDA, A. Processos e heranças de inovação educacional: legados de um projeto internacional. In: **X Congreso Internacional sobre Investigación em Didáctica de las Ciencias**. Sevilla, 2017, p. 333-337.

HERNÁNDEZ, C.; RAVN, O.; VALERO, P. The Aalborg University PO-PBL Model from a Socio-Cultural Learning Perspective. **Journal of Problem-Based Learning in Higher Education**, v. 3, n. 2, p. 16-36, 2015.

HOCKICKO, P.; TARJÁNYOVÁ, G. A way how to interest in studying Physics and Technology can be increased. In: **Physics Teaching in Engineering Education**, Breslávia, 2009.

IFUSP. **Resolução nº 4087, de junho de 1994**. 1994. Disponível em: <http://portal.if.usp.br/ataac/sites/portal.if.usp.br.ataac/files/RegimentoIF.pdf>. Acesso em: 17 jan. 2019.

IFUSP. **SCALE-UP no IFUSP**. (s/da). Disponível em: <http://fig.if.usp.br/~scaleup/>. Acesso em: 17 jan. 2019.

IFUSP. **Relatório de avaliação SCALE-UP**. (s/db). Disponível em: <http://fig.if.usp.br/~scaleup/Relatorio-ScaleUp-final.pdf>. Acesso em: 17 jan. 2019.

IGOR. **Entrevista III**. [jun. 2018] Entrevistadora: Gabriela Siqueira de Paula Souza Lavacchini Ramunno. São Paulo, 2018. EntrevistaIgor.mp3 (27 min).

KELLY. **Entrevista IV**. [ago. 2018] Entrevistadora: Gabriela Siqueira de Paula Souza Lavacchini Ramunno. São Paulo, 2018. EntrevistaKelly.mp3 (72 min).

KNIGHT, R. D. **Five Easy Lessons: Strategies for Successful Physics Teaching**. Pearson, 2002.

KWHS. **What is Innovation?** 2013. Disponível em: <kwhs.wharton.upenn.edu/2013/10/innovation>. Acesso em: 17 jan. 2019.

LAGO, L. G. **Lua: faces e facetas de um conceito**. Dissertação de mestrado – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

LEONTIEV, A. **O desenvolvimento do psiquismo**. Livros Horizonte. 1978

LIMA, A.; JUNIOR, O. G. S.; MARTINS, I. Os sentidos da inovação educacional para professores de ciências. In: **VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências**, Campinas, 2011.

MARENITCH, A., FREITAS, L. C. & PINO, A. Lev S. Vigotski: Manuscrito de 1929. **Educação & Sociedade**, ano XXI, nº 71, p. 21-44, 2000.

MASETTO, M. Inovação na Educação Superior. **Revista Interface**: Comunicação, Saúde e Educação, v. 8, n. 14, p. 197-202, 2004.

MASETTO, M. Inovação curricular no ensino superior. **Revista e-curriculum**, v. 7, n. 2, p. 1-20, 2011.

MASETTO, M. Inovação curricular no ensino superior: organização, gestão e formação de professores. In: MASETTO, M. (org.) **Inovação no Ensino Superior**. São Paulo: Edições Loyola, p. 15-36, 2012.

MASSONI, N. T.; MOREIRA, M. A. **Pesquisa Qualitativa em Educação em Ciências: projetos, entrevistas, questionários, teoria fundamentada, redação científica**. São Paulo: LF Editorial, 2017.

MATTOS, C. R. Livro didático na atividade educacional: a parte ou o todo?. In: GARCIA, N. M. D.; AUTH, M. A.; TAKAHASHI, E. K. (Org.) **Enfrentamentos do ensino de física na sociedade contemporânea**. 1ªed. São Paulo: LF Editorial, vol.1, 2016, p. 103 - 120.

MATTOS, C. A reflection on reasearch-based alternatives of physics teaching on educational activity system. In: PIETROCOLA, M. **Upgrading Physics Education to Meet the Needs of Society**. Springer International Publishing, 2019

McDERMOTT, L. C.; REDISH, E. F. RL-PER1: Resource Letter on Physics Education Research. **American Journal of Physics**, v. 67, 1999.

MESSINA, G. Mudança e inovação educacional: notas para reflexão. **Cadernos de Pesquisa**, n. 114, p. 225-233, 2001.

MIT. **MIT Open Course Ware – Physics II: Electricity and Magnetism**. 2007. Disponível em <https://ocw.mit.edu/courses/physics/8-02-physics-ii-electricity-and-magnetism-spring-2007/>. Acesso em: 17 jan. 2019.

NCSU. **SCALE-UP: Student-Centered Active Learning Environment with Upside-down Pedagogies**, 2011. Disponível em: <http://scaleup.ncsu.edu/>. Acesso em: 17 jan. 2019.

NCSU. **Adopters – Massachusetts Institute of Technology**. 2012. Disponível em: <https://scaleupserver.physics.ncsu.edu/wiki/pages/12m1C9c6/Massachusetts_Institute_of_Technology.html>. Acesso em: 17 jan. 2019.

NÓVOA, A. Inovação para o sucesso educativo escolar. **Revista Aprender**, n. 6, p. 5-9, 1988.

OLIVEIRA, M. K. **Vygotsky: aprendizado e desenvolvimento: um processo sócio-histórico**. Editora Scipione, 4ª edição, 2006.

PAVLOV, I. P. **Conditioned reflexes: an investigation of the psychological activity of the cerebral cortex**. Nova Iorque: Dover Publications, Inc., 2003.

PERKINS, D. The Case for a Cooperative Studio Classroom: Teaching Petrology in a Different Way. **Journal of Geoscience Education**, v. 53, n. 1, p. 101-109, 2005.

PIAGET, J. **Seis estudos de psicologia**. Forense Universitária. 24ª edição revista. 1999.

PRADO, C. P. C. **Colóquio – IFUSP: Avaliação do método "Scale-up": desempenho dos alunos do IF/IAG nas disciplinas de física 1,2 e 3 (2012-2017)**. 2018. Disponível em: <http://iptv.usp.br/portal/video.action?idItem=39398>. Acesso em: 17 jan. 2019.

REDISH, E. F. **Teaching Physics with the Physics Suite**. John Wiley & Sons, Hoboken, 2003.

RODRIGUES, A. M. **Movimento e contradição: a disciplina de práticas em ensino de física e a formação inicial de professores de física sob a perspectiva histórico-cultural**. Tese de doutorado – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

ROWLING, J. K. **Harry Potter and the Chamber of Secrets**. Bloomsbury Publishing, 1998.

SANTOS, R. V. Abordagens do processo de ensino e aprendizagem. **Revista Integração**, ano XI, n. 40, p. 19-31, 2005.

SEBARROJA, J. C. As reformas e a inovação pedagógica: discursos e práticas. In. SACRISTÁN, J. G. **Saberes e incertezas sobre o currículo**. Porto Alegre: Penso, p. 508-521, 2013.

SIRGADO, A. P. O social e o cultural na obra de Vigotski. **Educação & Sociedade**, ano XXI, n. 71, p. 45-78, 2000.

SORDI, M. R. L. Alternativas propositivas no campo da avaliação: por que não? In: CASTANHO, S.; CASTANHO, M. E. **Temas e textos em metodologia do ensino superior**. Campinas: Papirus, p.171-182. 2009.

SPRADLEY, J. P. **The Ethnographic Interview**. Long Groove: Waveland Press, Inc. 1979.

VALENTE, J. A. Blended learning e as mudanças no ensino superior: a proposta da sala de aula invertida. **Educar em Revista**, Edição Especial, n. 4, Curitiba, p. 79-97, 2014.

VIEIRA, A. P.; OLIVEIRA, J. R. B.; DEPPMAN, A. **Apresentação da disciplina de Física 2 (4302112)**. 2016a. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/1568170/mod_resource/content/2/Apresentacao-disciplina-fisica2-2016-Andre.pdf>. Acesso em: 17 jan. 2019.

VIEIRA, A. P.; OLIVEIRA, J. R. B.; DEPPMAN, A. **Programação da Semana da disciplina de Física 2 (4302112)**. 2016b. Disponível em <https://edisciplinas.usp.br/course/ view.php?id=19852>. Acesso em: 17 jan. 2019.

VIGOTSKI, L. S. **Teoria e método em psicologia**. São Paulo: Editora Martins Fontes. 1996.

VIGOTSKI, L. S. **A construção do pensamento e da linguagem**. Martins Fontes. 2010.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores**. São Paulo: Editora Martins Fontes. 2007.

WILSON, J.M. The CUPLE physics studio. **The Physics Teacher**, v. 32, p. 518-523, 1994.

WILSON, J. M.; JENNINGS, W. C. Studio courses: How information technology is changing the way we teach, on campus and off. **Proceedings of the IEEE**, v. 88, n. 1, p. 72-80, 2000.

APÊNDICE A: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Informações sobre a pesquisa

Esta pesquisa, que tem como pesquisadora responsável Gabriela Siqueira de Paula Souza Lavacchini Ramunno, aluna de mestrado no Programa de Pós-graduação Interunidades em Ensino de Ciências da USP, orientada pelo Prof. Dr. Cristiano Rodrigues de Mattos do Instituto de Física da USP, tem por objetivo compreender quais as condições para introdução, aplicação e manutenção de inovações pedagógicas em instituições de ensino, com foco no estudo de caso da aplicação da metodologia SCALE UP (*Student-Centered Active Learning Environment with Upside-down Pedagogies*) nas disciplinas iniciais de Física básica do IFUSP (Instituto de Física da USP).

Este termo tem objetivo de esclarecer que o consentimento diz respeito a participação na tomada de dados por meio de entrevistas semiestruturadas, com o objetivo de se obter informações acerca dos problemas e soluções relacionados com processo de implementação dessa metodologia. As entrevistas serão realizadas com profissionais do IFUSP que participaram ou participam direta ou indiretamente dessa implementação.

Consentimento

Após leitura das informações acima e ciente da atividade à qual serei submetido, não restando quaisquer dúvidas a respeito do lido e do explicado, concordo em participar, como voluntário(a), da pesquisa proposta. Compreendo que esse estudo possui finalidade acadêmica, e que os dados obtidos serão divulgados seguindo as diretrizes éticas da pesquisa, assegurando, assim, minha privacidade. Sei que posso retirar meu consentimento livre e esclarecido a qualquer momento e que não receberei pagamento algum por essa participação.

São Paulo, _____ de _____ de 2018.

Nome: _____

Assinatura: _____

Responsável pela pesquisa: _____

Gabriela S. P. S. L. Ramunno

Qualquer dúvida ou problema, basta se comunicar com qualquer um dos responsáveis pela pesquisa

Gabriela S. P. S. L. Ramunno; emal: gabriela.siqueira.souza@usp.br.

Prof. Dr. Cristiano R. Mattos: email: mattos@if.usp.br.