



CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIVATES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU*
MESTRADO EM ENSINO DE CIÊNCIAS EXATAS

**PRODUÇÃO DE FARINHA DE MANDIOCA:
INVESTIGANDO UMA PRÁTICA PEDAGÓGICA NA
PERSPECTIVA DA ETNOFÍSICA PARA O ENSINO DE
FÍSICA**

Fátima de Jesus Soares Corrêa

Lajeado, setembro de 2016

Fátima de Jesus Soares Corrêa

**PRODUÇÃO DE FARINHA DE MANDIOCA: INVESTIGANDO
UMA PRÁTICA PEDAGÓGICA NA PERSPECTIVA DA
ETNOFÍSICA PARA O ENSINO DE FÍSICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Exatas, Centro Universitário Univates, como parte da exigência para obtenção do grau de Mestre em Ensino de Ciências Exatas, na área de concentração Tecnologias, Metodologias e Recursos Didáticos para o Ensino de Ciências e Matemática.

Orientadora: Miriam Ines Marchi
Co-orientadora: Sônia Elisa Marchi Gonzatti

Lajeado, setembro de 2016

Fátima de Jesus Soares Corrêa

**PRODUÇÃO DE FARINHA DE MANDIOCA: INVESTIGANDO UMA PRÁTICA
PEDAGÓGICA NA PERSPECTIVA DA ETNOFÍSICA PARA O ENSINO DE
FÍSICA**

A Banca examinadora abaixo discriminada aprova esta Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Exatas do Centro Universitário Univates, como parte da exigência para obtenção do grau de Mestre em Ciências Exatas.

Dra. Miriam Ines Marchi – Orientadora
Centro Universitário UNIVATES

Dra. Sonia Elisa Marchi Gonzatti – Co-orientador
Centro Universitário UNIVATES

Dra. Ieda Maria Giongo
Centro Universitário UNIVATES

Dr. Ítalo Gabriel Neide
Centro Universitário UNIVATES

Dr. José Claudio Del Pino
Centro Universitário UNIVATES

Lajeado, setembro de 2016

Dedico este trabalho à minha avó materna, Maria do Socorro Soares, cujas sabedoria e paciência em explicar os “causos” da vida foram as fontes de inspiração para valorizar e utilizar os saberes populares em sala de aula. Além disso, levou-me à casa de forno onde pude desfrutar da farinha e das “tecnologias” de sua produção artesanal.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a Deus, pela proteção, inspiração e força em todos os momentos desta jornada. Diante das pedras no caminho, Ele sempre me ajudou a contorná-las e levantar das quedas.

Aos meus pais, Adonias (*in memoriam*) e Maria de Fátima, minha avó Maria do Socorro, meus irmãos Adonias (*in memoriam*), Lurdenilde, Lurdeci, Lurdeldália, Jackson e demais familiares, pelo apoio, independente das circunstâncias, e sábios conselhos e ensinamentos.

À Deronice Marinho, Aldemir Ferreira,IVALDO SILVA e Evilson Brito, pelo apoio, indicação de locais para visitas de campo e incentivo durante a realização da pesquisa.

Ao Wermerson Riche Reis Farias (IFMA, *Campus* Pinheiro) e Venilson (UFMA, *Campus* Pinheiro), por conduzirem, paciente e atenciosamente, os alunos e a mim às casas de forno.

Aos servidores do IFMA *Campus* Pinheiro, em particular, ao Moissés, Jully, Emilly, Josenice, Flavya, Luzimar, Willian, Andreia, Dionísio, Vandeberg, Jandson, Vivaldo, Mariano, e aos do *Campus* Viana, em especial, ao Anderson e à Ana Cláudia, pelo apoio, incentivo e amizade, fundamentais nesta jornada.

Ao Luís Lindoso, pelo auxílio tecnológico na videoconferência para seleção no mestrado, bem como o apoio e a confiança durante esta jornada.

Às professoras de Física do IFMA, *Campus* Pinheiro, e Jhose Ariam Melo Costa Pinto, pela atenção, incentivo e disposição em me auxiliar com os alunos.

Às professoras Rosifrance Candeira Machado e Bruna Elizama Rocha de Melo do IFMA, *Campus* Pinheiro, que sempre demonstraram carinho, proferindo palavras de incentivo a todo momento.

Ao Francisco de Assis Serrão, pela amizade, incentivo e livros sobre a história de Pinheiro, fundamentais ao desenvolvimento de minha pesquisa.

Aos amigos e funcionários do Centro Universitário Univates do Mestrado em Ensino de Ciências Exatas e Mestrado em Ensino, principalmente aos alunos do regime modular, que me acompanharam nessa caminhada, nos bons e maus momentos, incentivando-me sempre a continuar. Refiro-me principalmente à Jacy, Lucicleide, Fernanda, Sampaio, Denys, Claudio, Domingas, Ayrton e Sibebe.

Às minhas orientadoras, Miriam Inês Marchi e Sônia Elisa Marchi Gonzatti, pela confiança, paciência, organização e disponibilidade com que conduziram a orientação, bem como as discussões e emergência de novos conhecimentos.

Aos meus amigos, em especial à Joycenilde, Lucas, Eliezer, Luís Lima, Juliana, Rosa de Viterbo, Bruno Gonçalves, que me “aguentaram” nos momentos difíceis e com quem compartilhei as alegrias durante a realização desta pesquisa. O fato é que eles demonstraram um amor e uma paciência imensuráveis.

Aos alunos do Curso Integrado Técnico em Administração e aos farinheiros, que foram fundamentais para a concretização desta dissertação.

Ao amigo e professor Durval Sousa Carvalhal, pelos conselhos, palavras de inspiração e tranquilidade, poesia e prosa que sempre me inspiraram amizade.

Às amigas-irmãs do Ensino Médio da Fundação Bradesco, com quem, desde 2003, venho compartilhando as alegrias e tristezas da vida, bem como cada etapa desta pesquisa. Nas derrotas, estimulavam-me a não desistir; nas vitórias, comigo vibravam.

Enfim, a todas as pessoas que atuaram direta ou indiretamente visando à conclusão desta pesquisa, bem como ao meu enriquecimento enquanto ser humano e profissional.

“[...] Tem coisas que se podem aprender nos livros, mas tem outras que só *vendo e sentindo*” (HOSSEINI¹, 2007, p. 132, grifo do autor).

¹ HOSSEINI, Khaled. **A cidade do sol** (Traduzido por Maria Helena Rouanet). Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2007.

RESUMO

A presente dissertação tem por objetivo analisar as contribuições pedagógicas de elementos da Física Popular dos farinheiros para o ensino de força da Física Escolar. A pesquisa é caracterizada como qualitativa e se constitui em um estudo de caso. A parte empírica – intervenção pedagógica – foi realizada com os alunos do 2º ano do Curso Integrado Técnico em Administração do IFMA, *Campus* Pinheiro, em Pinheiro (MA), e o material de pesquisa, coletado por meio do guia de atividades, transcrições dos áudios dos encontros, diários e visitas de campo às casas de forno, local da fabricação de farinha. O material empírico foi analisado a partir da etnomatemática, fundamentada na etnofísica, que produziu os resultados, agrupados em duas unidades de análise: a) diferentes saberes da etnofísica na perspectiva dos farinheiros; b) os diferentes saberes da etnofísica na perspectiva dos alunos. Os resultados apontam tanto as dificuldades dos discentes em compreender o conceito e tipos de forças quanto a sua superação. Esta permitiu que eles enunciassem e identificassem as forças da Física Escolar que atuavam na fabricação de farinha e relacionassem a Física Popular dos farinheiros com a Física Escolar. Diante da pesquisa realizada e dos resultados produzidos pelos alunos, a etnofísica se mostrou promissora como estratégia de ensino de Física e favoreceu o descobrimento de saberes populares possíveis de serem contextualizados com outras áreas do conhecimento, como a Matemática e a Química.

Palavras-chaves: etnofísica, saberes populares, saberes escolares.

ABSTRACT

This work aimed to analyze the pedagogical contributions of elements of Popular Physics of farinheiros for the school physical strength education. The research is characterized as qualitative and constitutes a case study, in which the empirical part - educational intervention - was held with the students of 2nd year integrated course in Technical IFMA Campus Pinheiro Administration in Pinheiro (MA). The research material was collected through the activity guide, transcripts of audios of meetings, diaries and field visits in the oven houses corresponding to the place of manufacture of flour. The empirical material was analyzed from the ethnomathematics underlying the ethnophysics which produced the results that were grouped into two units of analysis: a) different knowledge of ethnophysics the perspective of farinheiros and b) different knowledge of ethnophysics the perspective of students. The results could be observed both students' difficulties in understanding the concept and types of forces and to overcome them; allowed enunciate and identify the strengths of the School Physical working in the manufacture of flour and related to Popular Physics of farinheiros with School Physics. Given the survey and the results produced by the students, the ethnophysics showed promise as physics teaching strategy and favored discover popular knowledge that can be put into context with other areas of knowledge, such as mathematics and chemistry.

Keywords: ethnophysics, popular knowledge, school knowledge.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – (a) Estado do Maranhão (Brasil); (b) Cidade de Pinheiro (MA)	29
Figura 2 – Cidade de Pinheiro (MA)	29
Figura 3 – Locais para amolecimento da mandioca	88
Figura 4 – Compactação da mandioca na prensa	89
Figura 5 – Equipamento para trituração da mandioca	90
Figura 6 – Prensa com tipiti	92
Figura 7 – Prensa com tábuas de madeiras	93
Figura 8 – Funcionamento da prensa de madeira	94
Figura 9 – Tipos de fornos para fabricação de farinha	95
Figura 10 – Flutuação da mandioca	97
Figura 11 – Tipos de farinha de mandioca	105
Figura 12 – Malha das peneiras	106
Figura 13 – Esquema do processamento da mandioca do Aluno 12	116
Figura 14 – Esquema do processamento da mandioca do Aluno 15	118
Figura 15 – Alguns movimentos acelerados e as suas causas principais	122
Figura 16 – Respostas do Aluno 02 para a questão sobre a prensagem	124
Figura 17 – Respostas do Aluno 04 para a questão sobre a prensagem	125
Figura 18 – Resposta do Aluno 04 sobre a etapa de vetejamento	127
Figura 19 – Resposta do Aluno 02 sobre a etapa de vetejamento	128
Figura 20 – Resposta do Aluno 02 sobre as etapas sovagem e peneiramento	129
Figura 21 – Resposta do Aluno 04 sobre as etapas sovagem e peneiramento	131

Figura 22 – Resposta da Aluna 19 sobre as etapas sovagem e peneiramento	131
Figura 23 – Resposta do Aluno 02 sobre a medição do alqueiro	132
Figura 24 – Resposta do Aluno 05 sobre a medição do alqueiro	133
Figura 25 – Resposta da Aluna 19 sobre a medição do alqueiro	133
Figura 26 – Funcionamento da balança artesanal da casa de forno.....	134
Figura 27 – Termo de Anuência fornecido pela Direção do IFMA.....	159
Figura 28 – Polos magnéticos e geográficos da Terra	180
Figura 29 – Agulha na diagonal do papel	181
Figura 30 – Esquema Geral de Montagem	182
Figura 31 – Foguete de balão	183
Figura 32 – Montagem do experimento sobre forças	186

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Processamento da mandioca	34
Quadro 2– (a) Peneiramento da massa de mandioca; (b) Diagrama da força normal	58
Quadro 3 – (a) Poço manual com o moitão; (b) Diagrama de forças	59
Quadro 4 – Forças que atuam num bloco ao ser empurrado pelo Sr. Aldemir	60
Quadro 5 – (a) Prensagem da mandioca; (b) Diagrama de forças.....	62
Quadro 6 - Características dos alunos da pesquisa	71
Quadro 7 – Descrição das atividades da intervenção pedagógica.....	75
Quadro 8 – Esquema de organização da intervenção pedagógica	76
Quadro 9 – Lista de questões sobre interação entre os corpos	77
Quadro 10 – Mapa conceitual sobre a força em Física Escolar	82
Quadro 11 – Esquema das forças da fabricação de farinha de mandioca	83
Quadro 12 – Síntese de análise da fabricação de farinha.....	97
Quadro 13 – Esquema do processamento da mandioca da Aluna 01	115
Quadro 14 – Proposta de correção das respostas da Aluna 01	116
Quadro 15 – Esquematização das forças feitas pela Aluna 19	120
Quadro 16 – Resposta da Aluna 05 sobre a etapa de ventejamento	128
Quadro 17 – Características do IFMA Campus Pinheiro.....	158
Quadro 18 – Instrumentos da fabricação de farinha de mandioca	172

Quadro 19 – Material para experimento da bússola.....	181
---	-----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – VBP da produção de mandioca na região Nordeste de 2010 a 2014	32
Tabela 2 – Produção de mandioca em Pinheiro (MA).....	32
Tabela 3 – Situação dos alunos no Curso Integrado Técnico em Administração	70
Tabela 4 - Quantitativo de farinhaes nas casas de forno	71
Tabela 5 - Características dos farinhaes citados na pesquisa	73

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

a ou \vec{a} – Aceleração de um corpo qualquer

A – Área

CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

COPIISA – Companhia Pinheirense Industrial

EJA – Educação de Jovens e Adultos

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

F ou \vec{F} – Força

F_g ou \vec{F}_g – Força gravitacional

F_{res} ou \vec{F}_{res} – Força resultante

\vec{F}_a – Força de atrito

\vec{F}_c – Força de atrito cinético

\vec{F}_E – Força de empuxo

$\vec{F}_{em\acute{a}x}$ – Força de atrito estático máxima

g ou \vec{g} – Aceleração da gravidade

HCN – Ácido cianídrico

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IFMA – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão

IUSP – Instituto de Física da Universidade de São Paulo

kg – Quilograma

m – Massa ou metro, depende do contexto em que está sendo aplicado

mm – Milímetro

MA – Maranhão

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MRU – Movimento Retilíneo Uniforme
MRUV – Movimento Retilíneo Uniformemente Variado
N – Newton
 \mathbf{N} , \vec{N} , ou \vec{F}_N – Força normal
 \mathbf{P} ou \vec{P} – Força peso
 ρ ou P – Pressão
Pa – Pascal
PCNEM – Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio
PNLD – Programa Nacional do Livro Didático
POE – Previsão, Observação e Explicação
s – Segundo
SI – Sistema Internacional de Medidas
 \mathbf{T} ou \vec{T} – Força de tração
TCLE – Termo de Consentimento Livre Esclarecido
UFMA – Universidade Federal do Maranhão
UNESP – Universidade Estadual Paulista
UNINTER – Centro Universitário Internacional
UNIVATES – Unidade Integrada do Vale do Taquari de Ensino Superior
VBP – Valor Bruto da Produção
 μ_c – Coeficiente de atrito cinético
 μ_e – Coeficiente de atrito estático

SUMÁRIO

1 PREPARANDO O TERRENO PARA A PESQUISA	18
2 ABORDAGEM TEÓRICA	28
2.1 Algumas características da fabricação de farinha de mandioca em Pinheiro (MA).....	28
2.2 Etnociência, etnomatemática, etnofísica e suas implicações para a educação	35
2.3 O conceito de força para a Física Escolar	53
3 ABORDAGEM METODOLÓGICA.....	64
3.1 Metodologia da pesquisa	65
3.2 Contexto da pesquisa.....	68
3.3 Intervenção pedagógica	74
4 COMPREENSÕES DA FÍSICA ESCOLAR A PARTIR DOS CONHECIMENTOS DA FÍSICA POPULAR	85
4.1 Diferentes saberes da etnofísica: a perspectiva dos farinheiros	86
4.2 Diferentes saberes da etnofísica: a perspectiva dos estudantes ...	110
5 ALGUMAS CONSIDERAÇÕES.....	137
REFERÊNCIAS.....	145

GLOSSÁRIO DE EXPRESSÕES REGIONAIS	154
APÊNDICES	157
APÊNDICE A – Descrição do IFMA <i>Campus</i> Pinheiro	158
APÊNDICE B – Termo de anuência da direção da Instituição de Ensino	159
APÊNDICE C – Termo de consentimento livre esclarecido	160
APÊNDICE D – Entrevista sobre processo de fabricação da farinha de mandioca	162
APÊNDICE E – Roteiro de visita de campo.....	163
APÊNDICE F – Questionário sobre as forças na fabricação de farinha de mandioca	164
APÊNDICE G – Questões sobre o conceito e tipos de forças	167
APÊNDICE H – Entrevistas aos alunos	169
APÊNDICE I – Instrumentos da fabricação de farinha de mandioca ...	172
APÊNDICE J – Descrição de participações em eventos e publicações	176
ANEXOS	178
ANEXO A – Experimento 1: bússola de copo d’água	179
ANEXO B – Experimento 2: foguete de balão	183
ANEXO C – Experimento 3: percebendo as forças nas interações dos materiais	185

1 PREPARANDO O TERRENO PARA A PESQUISA

A física como ciência nos põe à prova, mas enquanto arte nos deixa fascinada por sua beleza e perfeição (a autora).

A Física² surgiu, em minha vida, quando eu cursava o Ensino Médio, numa escola filantrópica pertencente ao grupo Fundação Bradesco da cidade de Pinheiro (MA), no período de 2003 a 2005. Nos três anos, meu professor da referida disciplina foi o mesmo. Nos dois primeiros e na maior parte do terceiro, ministrava suas aulas por meio da exposição oral, resolução de exercícios com formulações matemáticas e o uso do livro didático como recurso pedagógico. O fato é que o método não saciava minha curiosidade e, ao mesmo tempo, fazia-me refletir sobre a didática empregada pelo docente. Entretanto, em determinado momento do último ano, ele realizou alguns experimentos que envolviam a eletricidade e transferência de calor, o que tornou as aulas mais interessantes e contextualizadas com o meu cotidiano.

A crença de que essa prática poderia promover mudanças me levou a prestar o vestibular para Licenciatura em Física, na Universidade Federal do Maranhão, *Campus Bacanga*, (UFMA), no qual fui aprovada. Durante a Graduação, de 2006 a 2010, os anseios pelas transformações dos processos de ensino e aprendizagem foram crescendo, mas percebia que as metodologias nela aplicadas eram similares as do Ensino Médio. Diante disso, fui tomada por um sentimento de frustração, já que não estava aprendendo as

² Nesta obra, o termo Física, quando destinado à disciplina ou área curricular, será grafado com inicial maiúscula.

estratégias de ensino de Física que me impelisses a fazer a diferença em sala de aula. Porém, ao ministrar a disciplina de Prática de Ensino, a professora Ivone Lima³ realizou experimentos e construiu mapas conceituais, oportunidade em que pude verificar que estes poderiam melhorar os processos de ensino e aprendizagem.

As contínuas buscas por novas estratégias para o ensino e aprendizagem de Física me estimularam a ingressar em um Curso de Pós-Graduação *Lato Sensu*, em Metodologia do Ensino de Matemática e Física pelo Centro Universitário Internacional (UNINTER), no período de 2011 a 2012. A modalidade à distância me possibilitou conciliar a atividade profissional com a educacional. Contudo, ao cursar as disciplinas do seu currículo, constatei que as estratégias estavam mais relacionadas à Matemática, havendo, portanto, poucos meios de inovar o ensino de Física, fato que tornou minha procura mais longa.

No 2º semestre de 2011, ingressei, como docente, na UFMA, *Campus* Pinheiro, no Curso de Licenciatura em Ciências Naturais. Apesar de utilizar experimentos e poesias para diversificar as aulas, sentia que necessitava de mais ferramentas didáticas, além de a profissão exigir uma Pós-Graduação *Stricto Sensu* para continuar lecionando no Ensino Superior. Assim, comecei uma nova busca por qualificação profissional.

Nesse período, passei também a trabalhar no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão, *Campus* Pinheiro (IFMA), na área administrativa, conciliando a função de técnica com a de professora, tendo a oportunidade de lecionar nos cursos de formação inicial e continuada e nos programas de extensão da Instituição. Neste contexto, percebi que os meus alunos buscavam, em seu cotidiano, exemplos que contivessem os princípios científicos que eram abordados na aula. Assim, surgiram algumas inquietações sobre como utilizar esse conhecimento discente.

³ Professora da disciplina de Prática de Ensino I e II do Curso de Licenciatura em Física da UFMA, Campus Bacanga, em 2010.

Minha busca por capacitação profissional prosseguiu até o momento em que Dionísio Lindoso Dourado⁴ indicou-me o Centro Universitário Unidade Integrada do Vale do Taquari de Ensino Superior (UNIVATES). Ao investigar a Instituição, constatei que poderia encontrar respostas às minhas inquietações nas disciplinas do currículo e no desenvolvimento da minha pesquisa da dissertação do Mestrado Profissional em Ensino de Ciências, na linha de pesquisa Tecnologias, Metodologias e Recursos Didáticos, para o Ensino de Ciências e Matemática.

Em 2014, no primeiro módulo do Mestrado, cursei a disciplina de Tendências no Ensino de Ciências Exatas, ministradas pelas professoras Ieda Maria Giongo e Maria Madalena Dullius, na qual discutimos um texto que afirmava “existirem várias matemáticas”, oportunidade em que fui apresentada à etnomatemática. Esta asserção me levou a pensar no ensino de Física, ou seja, na existência de várias físicas e, conseqüentemente, na etnofísica⁵. Assim, iniciei minhas leituras sobre o tema e busquei, na minha Região e com os alunos, identificar qual seria a sua física.

Então, empiricamente, percebi que a cidade de Pinheiro (MA) possuía uma economia baseada na agricultura (cultivo e comercialização de arroz, feijão, milho, mandioca e seus derivados) e pecuária (bovinos, bufalinos, suínos, equinos). Diante de um ‘universo produtivo’ tão vasto, impossível de ser analisado em sua totalidade, procurei desenvolver um tema que fosse comum aos alunos e pudesse ser relacionado com um conteúdo de Física Escolar.

Ao construir o projeto de pesquisa, busquei o caminho dos saberes dos agricultores e pecuaristas, mas as inúmeras atividades desses grupos não poderiam ser todas inseridas em sala de aula. Além disso, a Física possui muitas áreas do conhecimento, como a mecânica, a termologia, o eletromagnetismo, entre outras. Assim, por sugestão da banca avaliadora do projeto durante a qualificação, escolhi um hábito cultural e um tema importante para a compreensão dos fenômenos naturais.

⁴ Técnico em Assuntos Educacionais do IFMA, *Campus* Pinheiro desde 2011 e colega de trabalho.

⁵ Etnofísica fundamenta-se na etnomatemática a fim de investigar a Física não-formal aplicada por um grupo de indivíduos (ANACLETO, 2007).

Ao investigar os contextos social, cultural e econômico dos alunos com inspiração na etnofísica, identifiquei a farinha de mandioca (também conhecida como farinha d'água ou farinha de puba) como um alimento tradicional sempre presente na mesa do pinheirense⁶. Em minha cidade, a sua fabricação tem sido realizada de modo artesanal em locais denominados casa de forno.

Para a fabricação da farinha, são utilizados diversos utensílios, entre eles o caititu, concha, tipiti, prensas de madeira, tacha de torração, peneiras, caçaús (ARAÚJO; LOPES, 2008). É importante destacar que, da plantação à comercialização, há um longo caminho a percorrer. Este possui etapas que contêm conhecimentos de Física praticados pelos farinheiros⁷, transmitidos de gerações a gerações, visando à preservação da sua história, manutenção de uma tradição e contribuição para a renda econômica das famílias. Os conhecimentos intrínsecos podem ser utilizados como estratégia de ensino e de aprendizagem de Física.

Diante do exposto, minha pesquisa possui como tema a **Física Popular do processo de fabricação da farinha de mandioca contextualizada como o ensino da Física Escolar**. Ele se justifica por considerar que a escola e os professores devem respeitar os saberes dos alunos, utilizando, quando possível, os seus conhecimentos empíricos (FREIRE, 1996). Apesar de conhecerem os equipamentos e procedimentos da fabricação de farinha em virtude de laços familiares com os farinheiros (por alguns serem filhos, netos, sobrinhos de farinheiros), dominarem a metodologia, reconhecerem cada peça, como e por que usá-la na fabricação de farinha, vários estudantes não percebiam a inserção da Física Escolar nesse processo.

Assim, por meio desta intervenção pedagógica, os alunos relacionaram os seus saberes populares com os escolares⁸. O saber popular, conforme Villatorre, Higa e Tychanowicz (2008), pode ser inserido nos processos de ensino e aprendizagem, por possibilitar aos discentes explicarem os

⁶ Gentílico de quem nasce em Pinheiro.

⁷ Neste texto, utilizei o termo farinheiro para denominar a pessoa que fabrica farinha.

⁸ Neste texto, entende-se como saber escolar o saber produzido e reproduzido pela escola por meio dos processos de mediação didática que torna ensináveis e assimiláveis os saberes científicos. O saber tradicional ou saber popular consiste no conhecimento produzido pelo indivíduo em sua prática cotidiana dentro de um grupo social, cultural e econômico que garanta sua vivência e sobrevivência (VENQUIARUTO; DALLAGO; DEL PINO, 2014).

fenômenos vivenciados, levando à melhoria da aprendizagem de conteúdos escolares, além de colaborar para o estabelecimento de relações entre o saber escolar e o popular.

Neste sentido, o ensino de Física permite ao aluno perceber os princípios, as leis e os modelos que explicam os fenômenos naturais e promovem o desenvolvimento tecnológico tanto no seu cotidiano quanto no universo mais distante (BRASIL, 2011a). Ademais, pode contribuir para a formação de uma cultura científica que possibilite o desenvolvimento da compreensão do ser humano como parte integrante da natureza em transformação, colaborando para a explicação do conhecimento físico como um processo histórico, social e cultural (SILVA; RIBEIRO, 2012).

Ao realizar uma retrospectiva sobre o ensino de Física, Moreira (2000) afirma considerar tendências internacionais e peculiaridades nacionais. O ponto de partida foi o Curso de Física dos Estados Unidos da América que, mediante o uso de um livro didático para o Ensino Médio, propunha a renovação curricular e inserção de disciplinas instrucionais de trabalho. No Brasil, em 1972, surgiu o primeiro Projeto de Ensino de Física na Universidade de São Paulo.

Para Oliveira (2007), a inserção da Física no Ensino Médio ocorreu no Brasil Império, em 1857, por meio da criação da primeira Escola Federal de Nível Secundário, que seria modelo para as demais instituições. Naquele período, cabia ao Estado as responsabilidades do Ensino Secundário e, ao País, as do Curso Superior, mas tais ações geraram discussões e reformas, como a proposta de Benjamin Constant, após a Proclamação da República, em 1889, para a instrução nos Níveis Primário, Secundário e Superior em relação às suas disciplinas. Contudo, durante a Era Vargas e a Ditadura Militar, algumas legislações foram criadas para regulamentar e ampliar o ensino nos três níveis; entre elas, a Lei de Diretrizes e Bases da Educação. Para complementar as diretrizes, foram elaborados os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio - PCNEM (BRASIL, 2000b).

Diante das propostas curriculares para a Física, Moreira (2000) destaca haver uma abordagem para o ensino, mas não para a aprendizagem, sendo

considerados interdependentes. Em relação à segunda, por exemplo, projetos, como “Física e cotidiano” e “equipamento de baixo custo”, podem contribuir para o ensino, pois favorecem a contextualização de temas com o cotidiano do aluno. Mas, se o professor utilizar apenas essa metodologia, não diversificar as estratégias de ensino ou planejar bem suas aulas, provavelmente, não terá êxito na aprendizagem de seus alunos.

Para Villatorre, Higa e Tychanowicz (2008), a Física abordada na escola tem sido demasiadamente abstrata e longe da realidade dos alunos, sendo-lhes administrados apenas conteúdos durante as atividades. Todavia, convém considerar que, se tais fatores são responsáveis pelo esmorecimento da prática docente, mesmo com algumas melhorias ocorridas nas condições de trabalho, uma parcela dos professores tem continuado a desenvolver ações descontextualizadas da realidade dos estudantes, um método facilitador da organização do plano de aula que exige somente o domínio do conteúdo. Esse profissional pode ser associado ao que Freire (1996) denomina “educadores conservadores”, que privilegiam o conteúdo, consideram-se o centro da aula e meramente transmitem o conhecimento.

Carvalho e Gil-Perez (2011) destacam que tal didática é fruto da formação do professor, em que o ato de ensinar exige somente o domínio dos conteúdos disciplinares, algumas práticas e breves complementos psicopedagógicos, em que a preocupação com a qualidade da aprendizagem não é considerada por alguns desses profissionais. Uma das consequências, para Zanetic (2005), é que os alunos acumulam conhecimentos apenas para realizar uma avaliação, sendo, dessa forma, sua curiosidade, vital aos processos de ensino e aprendizagem, reprimida. Contudo, um jovem se encanta pelo conhecimento quando estabelece um diálogo inteligente com o mundo, vivenciando um ambiente escolar e cultural rico e estimulador.

Nos PCNEM (BRASIL, 2000b), são destacadas três competências para o ensino das Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias: representação e comunicação; investigação e compreensão; contextualização sociocultural. Esta, como uma competência dos PCNEM, deve considerar os aspectos sociais, culturais, políticos e econômicos. Para Prudente (2010a),

essa prática pode motivar os alunos e promover uma aprendizagem significativa por meio da qual eles sejam capazes de relacionar o que aprenderam com a experiência cotidiana, bem como estabelecer um elo entre a teoria (conhecimento escolar) e a prática (conhecimento popular).

Com base nos PCNEM (BRASIL, 2011a), o professor pode promover aulas mais dinâmicas, articuladoras e contextualizadas com a realidade do aluno. Conseqüentemente, a sua aprendizagem será efetiva, com significados próprios, alcançando, assim, a interdisciplinaridade. Ademais, ela deve primar pela formação profissional e cidadã. Logo, é importante conhecer o contexto social do estudante para que os processos de ensino e aprendizagem tenham um significado, tornando possível a construção do conhecimento.

Segundo Brigagão, Souza e Lopes (2013), os inúmeros estudos sobre o ensino de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias apontam que o uso de práticas experimentais aliadas à teoria pode melhorar os processos de ensino e aprendizagem. A educação que se constrói pela pesquisa promove o melhor desenvolvimento das habilidades dos alunos. Entretanto, esses estudos também mostram que o uso da experimentação como meio de levar os estudantes a pesquisar raramente tem ocorrido.

As experiências não se restringem apenas às práticas em laboratórios para confirmar ou refutar uma teoria. Elas envolvem visitas de campo mediante as quais o aluno possa, a partir do fenômeno observado, estabelecer relações existentes entre o conteúdo escolar e as situações vivenciadas na sua sociedade. Afinal, “não se pode criar experiência, é preciso passar por ela”⁹; mas, para tanto, é necessário que o professor estabeleça um elo entre o tema abordado em sala de aula e a visita a ser realizada.

Geralmente, as aulas de Física, conforme Brigagão, Souza e Lopes (2013, p.1), têm sido apresentadas “[...] como um conjunto de fórmulas e procedimentos matemáticos que levam o aluno a imaginar ser esta ciência uma mera e tão somente sequência matemática”. Assim, ao inserir visitas de campo nos processos de ensino e aprendizagem, os alunos podem desmistificar essa

⁹Comunicação pessoal de Albert Camus, disponível em: <<http://www.filosofiahoje.com/2013/03/frases-de-filosofia-nao-se-pode-criar.html>>. Acesso em: 26 nov. 2014.

ideia ao perceber o elo entre sociedade e a escola e também aprenderem os conteúdos com maior facilidade.

Para Anacleto (2007), a Física pode ser abordada em sala aula a partir dos aspectos sociais, culturais e históricos da sociedade na qual o aluno está inserido. Essa contextualização favorece a aprendizagem e promove a interação do discente como meio de torná-lo capaz de interpretar, formular, pensar, aprender e reconstruir conceitos. A etnofísica, para Prudente (2010a), surge, então, para contextualizar a realidade que norteia a vida do discente. Para tanto, requer os seus saberes culturais, os códigos e os símbolos a serem difundidos pela educação no ambiente escolar.

Na pesquisa, dentre as muitas perspectivas, defendi a que julgo ser a Física Escolar também uma etnofísica, sem considerar uma superior à outra, pois ambas se encontram em contextos diferentes. Assim sendo, procurei identificar as semelhanças e diferenças entre os saberes dos farinheiros e dos escolares, ratificando a ideia Knijnik¹⁰ (2001a, p. 25):

Quando argumento pela importância de dar visibilidade, no currículo escolar, a estes saberes usualmente silenciados — o que tenho chamado de Matemática Popular —, colocando-os em interlocução com os saberes legitimados em nossa sociedade como os saberes científicos, isto é, o que comumente chamamos de Matemática, saliento que é preciso estarmos bastante atentos para não glorificar nem os saberes populares, tampouco os acadêmicos, o que implica problematizá-los, analisando as relações de poder envolvidas no uso destes diferentes saberes [...].

Mediante a etnofísica, os saberes populares fornecidos pelos alunos podem ser abordados, conforme Chassot (2008, p. 9), “[...] à luz dos saberes acadêmicos para então deles se fazerem saberes escolares”. Assim, busquei, no conhecimento popular dos farinheiros, os elementos remetentes à Física Escolar, uma vez que a fabricação de farinha possui diversas etapas que exigem um procedimento e equipamentos nos quais podem ser observadas diversas grandezas físicas que foram tema de estudo desta pesquisa.

¹⁰ Gelsa Knijnik possui diversos estudos sobre a etnomatemática, que é um dos ramos da Educação Matemática, temática que também fez parte da abordagem teórica desta pesquisa. Embora o texto citado trate da Matemática, o foco principal desta autora é a utilização dos saberes populares em sala de aula, fazendo uma analogia, concepção de Física Popular que defendo nesta pesquisa.

O aluno que faz parte da família ou que trabalha com um farinheiro está apto a descrever os instrumentos e procedimentos para puxar e empurrar a mandioca até que torre e vire farinha. Entretanto, há os que desconhecem esse processo, o que pode favorecer a troca de experiências e conhecimentos. Assim, é possível que todos se questionem sobre o movimento que nela ocorre enquanto está sendo torrada. Aguçar a curiosidade e estimular o estudante a relacionar o saber popular com o escolar, especificamente a Física Popular com a Escolar, foi uma das finalidades desta intervenção pedagógica.

Nesta pesquisa, ressalto os saberes dos farinheiros que continham elementos relacionados à Física, à Química, à Biologia e outros, pois, durante a empiria, foi possível observar, além da Física, outras formas de conhecimento. Mas, com os alunos, busquei atuar com o ensino de força da Física Escolar, um tema importante na compreensão dos fenômenos que envolvem o movimento e o repouso dos corpos em relação a um referencial, bem como para os estudos das interações entre os equipamentos e os farinheiros para que ocorra a fabricação de farinha.

Por conseguinte, optei pela seguinte questão norteadora: **quais as contribuições pedagógicas dos elementos da Física Popular dos farinheiros para o ensino de força da Física Escolar?** Nesse seguimento, foi necessário estabelecer objetivos, abordagens teóricas e metodológicas que permitissem responder a esta questão.

Assim, elegi, como objetivo geral, **Analisar as contribuições pedagógicas dos elementos da Física Popular dos farinheiros para o ensino de força da Física Escolar.** Quanto aos específicos, constituem-se em: Operar com os conceitos e tipos de força da Física Escolar; Identificar como ocorre o processo de fabricação da farinha de mandioca mediante os saberes dos farinheiros e dos alunos; Descrever os elementos da Física Popular do processo de fabricação da farinha que estão contextualizados com a Física Escolar.

Como abordagem teórica, usei as contribuições da etnociência, etnomatemática e etnofísica para o ensino de Física e discuti sobre o ensino de força da Física Escolar.

Na sequência, apresento a abordagem metodológica que trata de um estudo de caso caracterizado como qualitativo. A intervenção pedagógica ocorreu em dez encontros, que consistiram em atividades em sala aula e visita às casas de forno com os alunos da 2ª série do Ensino Médio do Curso Integrado¹¹ Técnico em Administração do IFMA, *Campus* Pinheiro. Quanto aos dados, coletei-os por meio de diários e visitas de campo, entrevistas, discussões em sala de aula, gravações dos áudios, fotografias e materiais produzidos pelos discentes.

No capítulo 4, descrevo a seção de resultados e discussões relativas às compreensões da Física Escolar a partir dos conhecimentos da Física Popular. Para isso, organizei-a em unidades de análise que correspondem aos diferentes saberes da etnofísica na perspectiva dos farinhaes e os diferentes saberes da etnofísica na perspectiva dos alunos.

Já no 5, exponho algumas considerações sobre a pesquisa nas quais retrato as contribuições da etnofísica para o ensino de força em sala de aula, bem como sua relação com os objetivos específicos inicialmente propostos. Ademais, abordo as perspectivas desta pesquisa para minha vida profissional e para o IFMA, *Campus* Pinheiro. Nas seções seguintes, refiro-me aos autores que colaboraram para as abordagens teórica e metodológica e análise dos resultados.

Considerando que, na cultura da fabricação de farinha, havia / há palavras ou expressões peculiares, organizei um glossário de expressões regionais para facilitar a compreensão de determinadas situações descritas no texto. Como parte da intervenção pedagógica, construí os instrumentos de coleta de dados que estão nos apêndices, bem como dos materiais distribuídos no meio eletrônico, sendo que estes fazem parte dos anexos.

¹¹ O curso na forma integrada ao Ensino Médio é ofertado aos candidatos que concluíram o Ensino Fundamental em instituição legalizada. Ao final de três anos, com sua matrícula única no IFMA, concluem, concomitantemente, uma habilitação profissional técnica e o Ensino Médio.

2 ABORDAGEM TEÓRICA

O cotidiano está impregnado dos saberes e fazeres próprios da cultura. A todo instante, os indivíduos estão comparando, classificando, quantificando, medindo, explicando, generalizando, inferindo e, de algum modo, avaliando, usando os instrumentos materiais e intelectuais que são próprios à sua cultura (D'AMBRÓSIO, 2013a, p. 22).

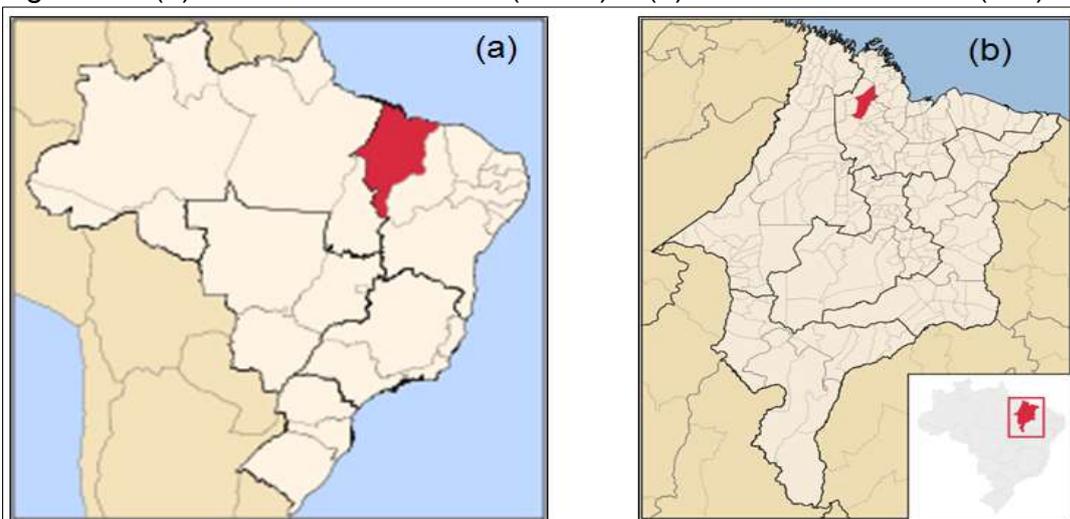
Neste capítulo, apresento algumas características da mandioca e da fabricação de farinha e faço um breve relato sobre o Município de Pinheiro. Além disso, discuto a etnociência que, no campo da educação, iniciou-se com os estudos de Ubiratan D'Ambrósio por meio da etnomatemática, na qual se fundamenta a etnofísica. Esta tem, como precursora, no Brasil, Barbara da Silva Anacleto. Por fim, abordo o conceito e tipos de força propostos pela Física Escolar.

2.1 Algumas características da fabricação de farinha de mandioca em Pinheiro (MA)

O Município de Pinheiro, em cuja cidade desenvolvi minha pesquisa, situa-se, segundo o Instituto de Geografia e Estatística (IBGE, Brasil, 2015 c), na Microrregião da Baixada Maranhense (Figuras 1 e 2) e possui uma área de 1.513 km² onde vive uma população estimada em 80.917 habitantes. Seu clima é tropical, quente e úmido, sendo mais ameno na Zona da Chapada. Com período chuvoso de janeiro a junho e estiagem de julho a dezembro, o verão é

a única estação do ano. Ao norte, limita-se com os Municípios de Santa Helena e Central; ao Sul, com Pedro do Rosário e Presidente Sarney; ao leste, com Bequimão, Peri Mirim, Palmerândia e São Bento; a oeste, com Presidente Sarney e Santa Helena. A Cidade é banhada pelo rio Pericumã, que serve para abastecimento de água, pescaria e é utilizado diariamente pela população como meio de transporte (lanchas motorizadas, canoas) que vive às suas margens e cidades adjacentes.

Figura 1 – (a) Estado do Maranhão (Brasil) e (b) Cidade de Pinheiro (MA)



Fonte: Maranhão. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Portal:Maranh%C3%A3o>>. Acesso em: 28 jan. 2015

Figura 2 – Cidade de Pinheiro (MA)



Fonte: Disponível em: <<http://www.pinheiro.ma.gov.br/?p=551>>. Acesso em: 28 jan. 2015

Antes de se tornar uma cidade por meio da Lei nº 911 de 30 de março de 1920, o povoado de Pinheiro era composto por tribos indígenas, cuja etnia não foi identificada. Mas, em 1818, o fidalgo português Inácio José Pinheiro, ao buscar terras apropriadas para criação bovina e lavoura, encontrou os campos do Pericumã (em *tupi* significa “junco do alagadiço”) e instalou sua fazenda de gado e escravos (FURTADO FILHO, 2003). Juntamente com seus vaqueiros, povoou a Região e desenvolveu pequenas atividades agrícolas para subsistência que acarretaram problemas ambientais e confrontos com os indígenas. O Marechal Bernardo da Silveira Pinto Fonseca interveio em nome do Governo, censurando as atividades de Inácio e privilegiando os índios, em 1819 (SERRÃO, 2013). Entretanto, em 1820, por ocasião de sua morte, como homenagem, a Região, a partir de 03 de setembro de 1856, passou a ser denominada Vila Pinheiro, possuindo seis povoados: Ribeiro, Macapazinho, Pau Furado, Três Furos, Galiza e Pacas, sendo também a data oficial do aniversário do Município.

Somente em 30 de março de 1920 recebeu o título de cidade, juntamente com os benefícios da luz elétrica, cemitério e matadouro (FURTADO FILHO, 2003). Outras grandes obras foram realizadas pelo prefeito Maneco Paiva (Manoel Maria Soares Paiva) durante suas gestões (1966/1970; 1977/1982 e 1986/1992), como a construção de escolas e do posto médico, ampliação da maternidade, pavimentação das ruas, Praça José Sarney (José de Ribamar Ferreira de Araújo Costa, nascido em 24 de abril de 1930, escritor, político e intitulado “filho ilustre”, sendo, nesta data, feriado municipal), criação dos bairros Kiola Sarney, Santa Luzia e João Castelo¹².

Considerando que o Maranhão possui como capital uma ilha denominada São Luís, a locomoção até Pinheiro (ou vice-versa) ocorria por meio de embarcações, cujas viagens duravam seis dias (ressalta-se que, nesse período, não havia estradas para fazer o percurso). Mas, em 1970, com a implantação do transporte marítimo, o *ferry-boat*, o percurso tem sido feito em, no máximo, quatro horas. Atualmente, a cidade possui uma economia baseada na agricultura e pecuária (SERRÃO, 2013), polo comercial na Baixada

¹² Nesse bairro, eu nasci, brinquei, estudei até o Ensino Fundamental e moro atualmente.

Maranhense, o que lhe rendeu o título de “Princesa da Baixada”, que perdura até hoje.

No campo da educação, Serrão (2013) destaca as instituições públicas de Ensino Superior e Técnico, respectivamente, UFMA e IFMA. As manifestações culturais mais populares são tambor de crioula, bumba-meu-boi, festejo de São Cosme e Damião e das caixeiros do divino e blocos carnavalescos. A Cidade dispõe de recursos hídricos, que são explorados economicamente pelos restaurantes e bares às margens do rio Pericumã e do ecoturismo (PINHEIRO, 2015).

Findo este breve relato sobre Pinheiro (MA) onde ocorre a plantação e colheita da mandioca para fabricação de farinha, além de descrever este processo, relato de que forma os conhecimentos dos farinheiros podem ser inseridos no ambiente escolar. Em outras palavras, os saberes populares fazendo-se saberes escolares, especificamente na Física.

A mandioca, segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA (BRASIL, 2015d), é originária da América do Sul, constituindo-se em um dos principais alimentos energéticos, consumido por mais de 700 milhões de pessoas. Cultivada em mais de 100 países, o Brasil, segundo maior produtor, é responsável por 10% da produção mundial. Segundo a EMBRAPA, em razão da “[...] fácil adaptação, a mandioca é cultivada em todos os estados brasileiros, situando-se entre os oito primeiros produtos agrícolas do país, em termos de área cultivada, e o sexto em valor de produção [...]”.

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA (BRASIL, 2015e) apresentou o Valor Bruto da Produção (VBP) das lavouras no Brasil, cujos produtos com melhores desempenhos foram: mamona (191,9%); pimenta do reino (35,2%); algodão (30,0%); café (17,0%); batata inglesa (15,8%); maçã (12,2%); mandioca (8,0%) e banana (7,3%). Estes resultados são reflexos do preço e aumento da produção. A Tabela 1 ilustra o VBP da produção de mandioca de 2010 a 2014 na Região Nordeste do País.

Tabela 1 – VBP da produção de mandioca na região Nordeste de 2010 a 2014

UF	ANO (UNIDADE DE MEDIDA: em reais)				
	2010	2011	2012	2013	2014
MA	-	-	425.266.232	423.103.813	513.347.214
PI	-	-	88.865.904	49.883.885	55.454.834
CE	114.296.875	195.255.791	115.647.059	115.930.619	-
RN	-	-	65.574.362	25.758.251	50.812.226
PB	51.612.767	61.504.510	43.893.994	43.114.622	42.613.720
PE	177.978.061	144.890.940	95.058.150	93.349.038	95.883.088
AL	-	-	87.471.870	71.178.777	74.730.929
SE	112.188.719	134.771.714	125.247.852	138.463.728	132.008.252
BA	672.132.976	462.341.895	291.701.197	159.867.742	-
TOTAL	1.128.209.398	998.764.851	1.338.726.619	1.120.650.474	964.850.263

Fonte: Adaptado pela autora de MAPA (BRASIL, 2015e)

Em Pinheiro (MA), o IBGE (BRASIL, 2015c) considerava a mandioca o quarto produto agrícola da lavoura temporária com maior rendimento econômico. Aproximadamente, produziam-se, em 3.427 hectares de áreas colhidas, 23.177m toneladas, com rendimento de 6.798 quilogramas por hectare, gerando uma produção de 7.946 mil reais, dados apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Produção de mandioca em Pinheiro (MA)

Lavoura temporária de mandioca	Unidade de medida ¹³	Ano ¹⁴			
		2010	2011	2012	2013
Quantidade produzida	Toneladas	27.895	14.783	25.188	24.840
Valor da produção	Mil reais	8.368	4.730	8.254	10.433
Área plantada	Hectares	3.940	2.088	3.940	3.935
Área colhida	Hectares	3.940	2.088	3.940	3.741
Rendimento médio	Quilogramas por hectare	7.079	7.079	6.393	6.640

Fonte: Adaptado pela autora de IBGE (BRASIL, 2015c)

¹³ Um hectare equivale a 10.000 m²(m – metros) e uma tonelada a 1.000 quilogramas.

¹⁴ O IBGE não apresenta os dados relativos a 2014.

Em virtude de a mandioca desempenhar grande papel na economia de Pinheiro, são relevantes algumas informações sobre esse produto (*Manihot ssp*). Pertencente à família das euforbiáceas, sua nomenclatura está relacionada ao seu nível de toxicidade, isto é, à quantidade de linamarina, uma substância que, com a ação de suas próprias enzimas, produz ácido cianídrico (HCN), que é tóxico aos homens, plantas e animais (CEREDA, 2007).

Entretanto, a mandioca se torna comestível por meio do processo de detoxificação¹⁵, que pode ser por ralação ou trituração das raízes, as quais permitem a ruptura das células, liberando a linamarase (enzima que, ao hidrolisar a linamarina, produz glicose e cianodrina), ou mediante o aquecimento da massa de raízes raladas, que remove os resíduos de cianeto livre (AMARAL; JAIGOBIND; JAISINGH, 2015). Eliminados os riscos de intoxicação, as raízes podem ser utilizadas para produção de farinha, fécula, beiju, carimã¹⁶, tucupi, entre outros.

Cabe mencionar que a mandioca pode ser cultivada em qualquer região do Brasil, mas a temperatura, no período de seis a oito meses após o plantio, deve ser inferior a 20°C (CEREDA, 2007). As mudas (denominadas manivas) consistem em pedaços do caule que medem de 20 a 25 cm, e o solo precisa estar solto, leve, profundo e com alto teor de matéria orgânica; além disso, recomendam-se adubações orgânicas e fosfatadas para aumentar a produtividade. Quanto ao plantio, a melhor época é de maio a outubro, mas se existir umidade suficiente para garantir a brotação das hastes, é viável em qualquer época do ano (CAETANO, 2012).

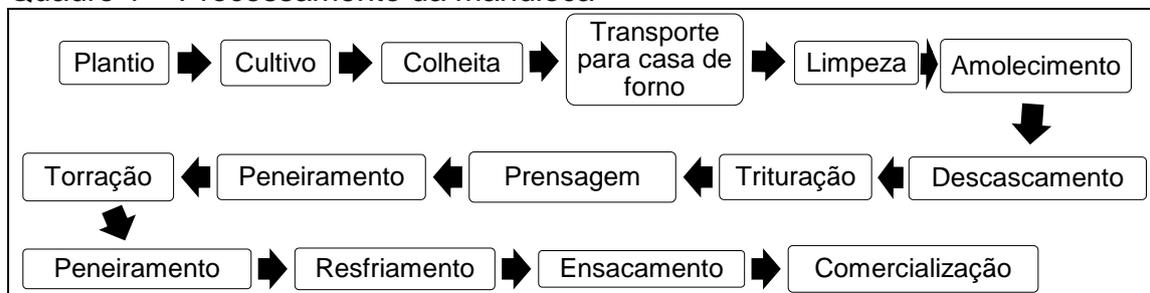
Cereda (2007) destaca alguns tratamentos culturais necessários para o cultivo da mandioca, como a capina, podas das hastes, rotação de culturas, controle de pragas e doenças nas lavouras. Para Amaral, Jaigobind e Jaising (2015), a colheita é realizada quando a planta possui de 8 a 10 meses de idade, e seu uso deve ocorrer no prazo máximo de 36 horas a fim de impedir o início do

¹⁵ A detoxificação é o processo de redução ou eliminação de toxinas de um material.

¹⁶ O Beiju é feito com a fécula da mandioca, que se coagula ao ser aquecida em uma frigideira. É recheada com queijo, presunto, frutas ou simplesmente manteiga. Posteriormente, é enrolada, adquirindo a aparência de uma panqueca. Carimã é uma farinha de mandioca seca e fina e fécula, um tipo amiláceo (amido) extraído da mandioca.

processo de fermentação. Assim, é levada à casa de forno para a fabricação de farinha conforme procedimento apresentado no Quadro 1.

Quadro 1 – Processamento da mandioca



Fonte: Adaptado pela autora de Araújo e Lopes (2008)

A fabricação de farinha de mandioca, em Pinheiro, tem sido predominantemente artesanal e familiar, uma tradição transmitida de geração a geração, ou seja, o pai ensina ao filho e este ao neto, perpetuando, dessa forma, o conhecimento. Ressalta-se que a produção tem se destinado ao consumo e à comercialização; contudo, esta não tem sido lucrativa, haja vista o tempo despendido e a mão de obra necessária não compensarem o valor financeiro.

Ao ratificar esta ideia, o Farinheiro 1 afirmou que “[...] *toda farinha produzida não chegava a ser comercializada. Era armazenada e dividida entre os familiares. O preço da farinha nunca motivou o agricultor a comercializar, é muito barato se comparado com o trabalho que dar(sic) [...]*” (ENTREVISTA EM 23/02/2015). Porém, tal fato não o tem desanimado, que, por meio de cooperativas, tem buscado a valorização do seu produto e, assim, garantido sua renda econômica.

Nos métodos apresentados pelos farinheiros, percebe-se que eles “fazem ciência”, isto é, têm utilizado um saber popular para realizar uma atividade. Embora desconhecendo o conceito científico, estes produtores têm continuado com a atividade porque seus pais, avós ou outro familiar os ensinaram daquela maneira. E esta tem resolvido o problema, explicando, de acordo com suas concepções, o fenômeno sem a necessidade de

fundamentação científica (SANTOS, 2009). Este saber poderia ser contextualizado com os conteúdos escolares, sendo que a Física Popular forneceria elementos para o ensino da Física Escolar.

2.2 Etnociência, etnomatemática, etnofísica e suas implicações para a educação

Para os PCNEM (BRASIL, 2000b), as diretrizes educacionais das Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias sinalizam a necessidade de um ensino que contribua para o desenvolvimento de competências e habilidades mais amplas e urgentes para o cidadão dos tempos modernos. Isso significa ir além do simples domínio da memorização de fórmulas, leis, regras e resolução de problemas de caráter meramente matemático que poderiam se constituir como o único saber necessário para vida em sociedade.

Nas Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, conforme Villatorre, Higa e Tychanowicz (2008), particularmente na Física, os processos de ensino e aprendizagem, comumente, baseiam-se em aulas expositivas de conteúdos e resolução de uma gama de exercícios matemáticos que são propostos pelos livros didáticos. Porém, tal prática tem sido alvo de diversas pesquisas e também fonte para criação de estratégias didáticas que diversifiquem o método de ensino. Para Carvalho e Gil-Pérez (2011), essas estratégias, independente de qual seja a área de conhecimento, devem começar pela mudança na formação do professor. Esta reflete na estrutura de suas aulas, na organização de atividades, nos sistemas de avaliação, no ensino e na aprendizagem.

Sendo assim, cabe ao professor a tarefa de buscar e implantar estratégias de ensino que visem motivar e despertar o interesse para uma aprendizagem significativa dos alunos (SILVA; RIBEIRO, 2012). Uma dessas estratégias é contextualizar o saber popular com o escolar a fim de estabelecer “pontes” entre a escola e o cotidiano do aluno. Anacleto (2007) afirma que, na escola, o conhecimento intuitivo do aluno é esquecido ou inutilizado, ou seja,

valoriza-se apenas o científico. Este renega os saberes populares, o que torna o saber escolar cada vez mais distante da realidade do estudante (VENQUIARUTO et al., 2011). Entretanto, o segundo não substitui o primeiro e vice-versa, tampouco um é superior ao outro; ambos estão e são usados em contextos diferentes.

Os saberes tradicionais, também denominados populares, despertaram a atenção dos pesquisadores, pois a sua epistemologia e resultados “[...] são muitas vezes reforçados pelos saberes da ciência, provavelmente porque são vivenciados através de processos de experimentação, transferência e validação que se dão ao longo de gerações [...]” (PINHEIRO; GIORDAN, 2010, p. 356). Aproximando os saberes populares da escola, Oliveira et al. (2009) afirmam que a educação formal está alicerçada nas ações realizadas pela nova geração, sendo estas fruto do conhecimento dos seus antepassados. Elas são baseadas em experimentos empíricos, isto é, os jovens as praticam sem relacioná-las com o conhecimento aprendido em sala de aula.

Em relação à etnociência, no Brasil, na década de 1950, surgiram os primeiros estudos acerca dos saberes tradicionais sobre o mundo natural. Segundo Costa et al. (2014, p. 87) “[...], tempos depois tornaram-se frequentes os trabalhos de etnociências em suas diversas subdivisões (etnobotânica, etnoecologia, etnozootologia, etnoecologia, entre outros) [...]”. Já para Silva e Fraxe (2013), a etnociência questiona os saberes das populações tradicionais que não são codificados pelos cientistas. Os conhecimentos que eles possuem diferem de acordo com o local em que vivem tanto no aspecto social quanto no cultural.

Silva e Fraxe (2013) se referem a diversos campos da etnociência, como à investigação do desenvolvimento de diferentes culturas para nomear e descrever animais (etnozootologia), plantas (etnobotânica) e o meio ambiente (etnoecologia). No campo da educação, primeiramente, encontram-se os estudos sobre etnomatemática, introduzidos, em 1975, pelo brasileiro Ubiratan D’Ambrósio (2013a, p. 60, grifo do autor), que, segundo ele,

Indivíduos e povos têm, ao longo de suas existências e ao longo da história, criado e desenvolvido instrumentos de reflexão, de

observação, instrumentos materiais e intelectuais [que chamo **tics**] para explicar, entender, conhecer, aprender para saber e fazer [que chamo **matema**] como resposta a necessidades de sobrevivência e de transcendência em diferentes ambientes naturais, sociais e culturais [que chamo **etnos**]. Daí chamar o exposto acima de Programa Etnomatemática.

O conhecimento e o comportamento, quando pertencentes à etnomatemática, devem ser observados à luz das suas dimensões¹⁷ conceitual, histórica, cognitiva, epistemológica, política e educacional. Em relação à última, D'Ambrósio (2013a) defende que a etnomatemática não deve rejeitar ou ignorar a matemática acadêmica, mas um equilíbrio entre ambas para que o conhecimento e o comportamento incorporem valores humanos que reflitam a ética, a solidariedade e a cooperação, considerando que a missão do professor tem por prioridade promover a paz às gerações atuais e futuras.

A educação é direito básico de todos, cujo objetivo é proporcionar à pessoa o domínio da leitura, escrita, cálculo, medições, raciocínio, argumentação e novas tecnologias para efetivar o exercício da cidadania. Prudente (2010a) declara que um indivíduo, ao não ser contemplado por uma ou mais dessas competências, muitas vezes, sofre discriminação. Conforme Knijnik et al. (2012, p. 84), tais aptidões o colocam no “topo da hierarquia: “[...] em um lugar muito privilegiado, um lugar que acaba influenciando sobre quem irá adiante nos estudos, que é “inteligente” e quem está de fora desse círculo tão restrito dos “que sabem [...]”.

Logo, segundo D'Ambrósio (2013a), a educação é um dos meios de reverter a situação de exclusão do indivíduo, pois promove a sua inclusão social ao mostrar que ele é parte da construção do conhecimento. Ademais, ela prima pela restauração da sua dignidade reconhecendo e respeitando sua cultura e, conseqüentemente, levá-lo a atuar na sociedade e ter acesso a outras formas de conhecimento, o que lhe possibilita reforçar as suas próprias raízes. D'Ambrósio (2008b, p. 8) acrescenta que a

[...] etnomatemática é uma forma de se preparar jovens e adultos para um sentido de cidadania crítica, para viver em sociedade e ao mesmo tempo desenvolver sua criatividade. Ao praticar

¹⁷ As discussões acerca das dimensões da etnomatemática não fazem parte do escopo deste trabalho, mas recomendo uma leitura em D'Ambrósio (2013a) para compreensão desta temática.

etnomatemática, o educador estará atingindo os grandes objetivos da Educação Matemática, com distintos olhares para distintos ambientes culturais e sistemas de produção. Justifica-se inserir o aluno no processo de produção de seu grupo comunitário e social e evidencia a diversidade cultural e histórica em diferentes contextos.

Considerando que, em “[...] etnomatemática não se ensina, se vive e se faz [...]” (D’AMBRÓSIO, 1988c, p. 3), cabe ao professor a tarefa de conhecer o ambiente sociocultural dos alunos para que possa aprender a sua etnomatemática. Assim, os novos processos de ensino e aprendizagem seriam enunciados, o que aperfeiçoaria os aspectos profissional e humano dos envolvidos. Neles, incluem-se a maneira de levantar, como e por onde andar, as condições dos climas, entre outras, que atravessam gerações de forma quase imutável ou sofrem adaptações de acordo com a necessidade do indivíduo ou grupo numa determinada sociedade (ANACLETO, 2007).

Para Freire (1996, p. 16), a escola deve respeitar os saberes do estudante que foram construídos socialmente e também “[...] discutir com os alunos a razão de ser de alguns desses saberes em relação com o ensino dos conteúdos [...]”. Neste sentido, o professor deve orientar o aluno a pensar certo, que, conforme Freire, é ensinar a ter a capacidade de intervir, conhecer o mundo em que vive, ter criticidade e curiosidade sobre as coisas que o cercam. O nomeado autor afirma que o “[...] pensar certo, do ponto de vista do professor, tanto implica o respeito ao senso comum no processo de sua necessária superação quanto o respeito e o estímulo à capacidade criadora do educando [...]”.

Entretanto, alguns docentes não têm demonstrado interesse em conhecer o mundo do seu aluno, tampouco respeitar o seu senso comum e relacioná-lo aos conteúdos escolares. Giongo (2010), ao investigar a produção de calçados e suas ideias matemáticas, constatou que as professoras que ministravam aulas não manifestavam disposição e curiosidade em conhecer o ambiente profissional dos seus alunos. Elas demonstravam certo “[...] “desprezo” pelo mundo “de fora” da escola [...]” (idem, p. 210). Tal fato refletia no currículo escolar, pois os conteúdos eram descontextualizados com a realidade, o que tornava a escola mais distante do discente.

Todavia, existem educadores interessados em conhecer seus discentes e o ambiente em que vivem, descobrindo, dessa forma, as matemáticas envolvidas no seu cotidiano. Knijnik (2003b) investigou o cultivo de alface e suas relações com a etnomatemática em um assentamento do Movimento Sem-Terra do Rio Grande do Sul. O trabalho foi realizado com a professora de Matemática e alunos da 7ª série do Ensino Fundamental de uma escola que pertencia ao assentamento. Knijnik (2003b, p. 98) relata que,

Os alunos e as alunas da 7ª série da escola participaram das discussões que conduziram a novas definições da produção do assentamento, apresentando os resultados de seus estudos sobre o perfil da dívida de cada um dos grupos de assentados. O envolvimento dos jovens no processo teve repercussões do ponto de vista estritamente escolar, com a introdução de conteúdos de estudo da área da Matemática não tradicionalmente incluídos no currículo, relacionados com contabilidade e contratos de empréstimos bancários. No entanto, possivelmente o maior aprendizado tenha ocorrido em outras dimensões do mundo vivido por aqueles jovens, até então desconhecidas por eles [...].

Esse relato demonstra que o estudo etnomatemático permitiu explorar a Matemática além dos conteúdos escolares. Os alunos conheceram ferramentas matemáticas que possibilitavam lidar com as tarefas do seu cotidiano. O fato é que, mesmo vivendo em um assentamento, eles desconheciam tais saberes, o que promoveu uma pesquisa sobre estes e sua associação com o conteúdo escolar. Para Monteiro (2002, p. 107),

Assim, um processo educacional na perspectiva da Etnomatemática reclama por uma transformação na organização escolar, nas relações tempo/espaço, na inclusão de espaços para a diversidade, para a valorização do saber cotidiano, para a compreensão do currículo como um sistema de valores e identidade, o qual representa conhecimentos socialmente válidos e, mais ainda, que permita que os alunos e professores sejam agentes desse processo.

Outra proposta interessante para o ensino é a apresentada por Venquiaruto, Dallago e Del Pino (2014) em seu livro “Saberes populares fazendo-se saberes escolares: um estudo envolvendo o pão, o vinho e a cachaça”. Ressalta-se que os autores não utilizam o termo etnociência, etnomatemática ou etnoquímica (o saber popular é associado à Química). Os resultados foram enriquecedores para compreender que os conteúdos que compunham as grades curriculares das Ciências, em particular da Química,

podiam sim fazer parte do cotidiano dos alunos e, assim, estarem mais próximos de suas realidades. Em outras palavras, eles procuraram,

Investigar maneiras de valorizar saberes populares, relacionados com a produção do vinho, da cachaça e do pão, para que estes possam ser considerados como saberes curriculares, objetivando estabelecer articulações e interações entre os saberes escolares, acadêmicos e populares, com o intuito de viabilizar ações que contribuam com um ensino de ciências mais contextualizado (VENQUIARUTO; DALLAGO; DEL PINO, 2014, p. 13).

Venquiaruto et al. (2011), durante a empiria de sua pesquisa, perceberam que os saberes próximos da escola que envolviam o preparo do pão enriqueciam a compreensão dos conteúdos das grades curriculares de forma a aproximar o aluno da sua realidade. Esta interlocução se torna ainda mais evidente quando atuamos com alunos de diversas culturas, no desenvolvimento da mesma atividade (ou não), pois eles conseguem explicar e aprender técnicas populares diferentes e relacioná-las com o saber escolar. Esta situação que gera um problema real e ausente dos livros didáticos, para D'Ambrósio (2008b, p. 11), é

[...] uma estratégia para uma classe assim, com múltiplas origens culturais, que é hoje o mais comum, é dar a palavra ao estudante, propor situações gerais, não apenas ensinar como resolver e explicar uma situação artificialmente criada pelo professor para justificar de ensino. Deve-se deixar que cada um apresente a solução e explicação que tem para situações gerais, que resultam de seu ambiente cultural, de sua cultura, de suas experiências prévias.

Ao usar o universo cultural do aluno, estaríamos dando significado ao que é ensinado em sala de aula, além de despertarmos o seu interesse e, conseqüentemente, contribuir para a melhoria de sua aprendizagem. Mas, caso o ensino não esteja associado ao mundo real do aluno, conforme Knijnik et al. (2012, p. 69), ocorre “[...] a desvinculação entre a realidade do aluno e o que é ensinado nas aulas de Matemática estaria levando/induzindo o aluno ao erro/fracasso e a seu desinteresse [...]”.

Assim, conforme D'Ambrósio (2013a), a educação perde seu caráter de transmissão de conteúdos obsoletos e oferece meios analíticos, materiais e comunicativos para que o aluno tenha capacidade de criticar e viver numa sociedade em constantes mudanças e impregnada de multiculturas. Anacleto (2007, p. 79) afirma que descobrir “[...] uma maneira de tirar a Física dos livros

didáticos e aplicá-la ao cotidiano do aluno, da comunidade ou da sociedade em que estamos inseridos a fim de relacionar esses conhecimentos é um dos maiores desafios do ensino de Física [...]”.

Considerando que esse desafio é independente da área de conhecimento, Knijnik et al. (2012) pontuam que devemos promover pequenas ações pedagógicas por meio das quais o ensino perde seu caráter técnico e asséptico, que configura uma neutralidade e conhecimento desvinculado do mundo social. A mudança na maneira de ensinar requer coragem para enfrentar resistências, pois muitos alunos e professores têm se oposto ao “novo” por se sentirem inseguros ao constatar que o mundo que se apresenta é o mesmo que está descrito nas páginas dos livros, porém com uma linguagem diferente. O fato é que ambos se habituaram ao livro didático, o qual tem regido um conhecimento para testes, provas, índices de qualidade da educação das secretarias ou Ministério da Educação, sem estabelecer relação com as suas vidas.

Cumprido citar que a descontextualização dos conteúdos com a realidade dos estudantes não tem ocorrido apenas nas disciplinas de Matemática, Química e Física. Quanto à última, percebi que o cotidiano do aluno está imerso de grandezas e fenômenos físicos, e que estes, muitas vezes, têm sido ignorados pelo professor. Isso me fez repensar o ensino da Disciplina e, conseqüentemente, buscar aporte teórico que me conduzisse a aliar o saber popular ao escolar, mais precisamente a Física Popular à Escolar. Conforme Anacleto (2007, p.47), a “etnomatemática, portanto, não serve apenas para a Matemática e sim para quaisquer outras áreas do conhecimento [...]”. Logo, acredito que uma forma de estabelecer essa ponte entre os saberes seja por meio da etnofísica.

Para Pinheiro e Giordan (2010), a etnofísica está em ascensão, mas cabe um breve estado arte¹⁸ sobre esse campo de estudo. Ao procurar no site da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES o

¹⁸ Os autores apresentados neste breve estado da arte também foram utilizados como aporte teórico, bem como alguns já foram citados anteriormente neste texto.

portal de periódicos¹⁹, encontrei um artigo que citava a palavra “etnofísica”, mas o texto abordava a etnometodologia e, em seu banco de teses²⁰, não havia nenhum resultado. No Google Acadêmico²¹, localizei 53, dos quais apenas 7 discorriam sobre o tema: Anacleto (2007), Prudente (2010a, 2013b), Barreto e Miltão (2011), Souza (2013), Souza e Silveira (2015), Silva (2016), e os demais trabalhos apenas citavam a palavra etnofísica.

Anacleto (2007) investigou a Física utilizada pelos trabalhadores rurais no cultivo de arroz da Granja Bins, em Palmares do Sul (RS). O texto prima pela caracterização do local de estudo, ensino de Física, etnomatemática, etnofísica e método etnográfico. Para a autora, a etnofísica permite que os conhecimentos científicos sejam ensinados a partir de situações reais que estão impregnadas de conhecimentos intuitivos. Esta metodologia pode tornar o ensino de Física mais interessante e contextualizado com a realidade do aluno.

Os resultados da pesquisa de Anacleto (2007) foram organizados em função do papel da mulher na lavoura (no ambiente pesquisado, predominavam homens, que possuíam baixa escolaridade). Os jovens, ao se depararam com a pesquisadora, mostraram resistência e desconfiança; já os mais velhos foram mais receptivos à prática da semeadura (sobre a qual os trabalhadores detinham um saber a respeito da radiação solar, temperatura do solo, tempo, velocidade, trabalho, entre outros, semelhantes aos da Física Escolar, embora não fossem estes os termos que utilizavam) e à construção das taipas (na qual a gravidade foi um exemplo que pôde ser verificado). A autora enfatiza a importância deste saber popular e sua potencialidade de inserção em sala de aula.

Prudente (2010a) investigou inicialmente como os estudantes da Educação de Jovens e Adultos (EJA) de um colégio de Goiânia (GO) concebiam a Física e, em seguida, desenvolveu uma proposta de ensino e de

¹⁹ Portal de periódicos da Capes. Disponível em: < www.periodicos.capes.gov.br/ >. Acesso em: 19 fev. 2015.

²⁰ Banco de teses da CAPES. Disponível em: < <http://bancodeteses.capes.gov.br/> >. Acesso em: 19 fev. 2015.

²¹ Google Acadêmico. Disponível em: <<https://scholar.google.com.br/scholar?hl=ptR&q=etnof%C3%ADsica&btnG=&lr=>>>. Acesso em: 09 mai. 2015.

aprendizagem que contextualizava a vida cotidiana dos alunos com a Física Escolar. A autora buscou, na etnomatemática e nos programas de alfabetização e educação popular de Paulo Freire, as teorizações que fundamentam a etnofísica. Em sua pesquisa, mostrou que os discentes consideravam a Física uma formulação matemática e distante da sua realidade, mas, com as discussões e contextualizações, as suas concepções se transformaram. Tanto a nomeada pesquisadora quanto seus alunos refletiram sobre a utilização da etnofísica como ação pedagógica e como isso poderia beneficiá-los no ensino de Física e promover a inclusão social.

Barreto e Miltão (2011) discutiram como os alunos compreendiam os fenômenos físicos mediante a etnofísica e a Pedagogia da Alternância²² em quatro escolas de famílias de agricultores. Os autores defendem que a primeira busca compreender a visão de mundo dos grupos sociais e a forma como estes fazem uso dos saberes científicos. Diante disso, realizaram uma pesquisa tipo ação participante em que as visitas de campo tinham o propósito de integrá-los ao ambiente, entrevistando alunos e professores a fim de investigar os conhecimentos prévios de Física na prática diária da Pedagogia da Alternância. Os resultados apontam as dificuldades em encontrar material didático sobre ambas, bem como as fragilidades na organização curricular de Física no que se refere às competências que devem ser desenvolvidas pelos discentes a partir do seu ambiente cultural.

Souza (2013, p. 100) analisou a etnofísica das populações que viviam à margem do rio Amazonas e que construíam o manzuá (instrumento utilizado na pesca) para “[...] desenvolver materiais didáticos inovadores para a abordagem de conceitos de Física e Matemática em ambiente de Modelagem Matemática nas aulas do Ensino Médio e superior [...]”. O autor, ao acompanhar o Sr. Antônio na construção da citada ferramenta, identificou elementos tanto da Física (densidade, força, vazão, volume, calor, temperatura, flexão de hastes,

²² A pedagogia da alternância surgiu em 1935 quando um grupo de franceses se revoltou contra o sistema educacional que não atendia às especificidades do meio rural. Em 1969, esta pedagogia surgiu no Brasil através do Movimento de Educação Promocional do Espírito Santo, sendo difundida pelas instituições de ensino denominadas Escolas Famílias Agrícolas, Casa Familiares Rurais e Centros Familiares de Formação por Alternância. A pedagogia da alternância é um método para a organização do ensino escolar que associa as experiências vividas pelos alunos oriundos de famílias agrícolas aos conteúdos de cursos que visam à formação profissional (TEIXEIRA; BERNARTT; TRINDADE, 2008).

rigidez de materiais) quanto da Matemática (geometria plana e espacial) que poderiam ser contextualizados com os conhecimentos escolares. Para Souza (2013, p.109) “[...] a Etnofísica pode enriquecer uma aula na abordagem Etnomatemática na medida em que explora os conceitos físicos presentes na situação paralelamente aos conceitos matemáticos mobilizados [...]”.

Prudente (2013b) deu continuidade à sua pesquisa ao aliar a etnofísica à educação ambiental como uma proposta de ensino que possibilitou um olhar e um agir pedagogicamente diante das dificuldades dos alunos em aprenderem a linguagem escrita, a matemática e a científica. A citada autora desenvolveu uma intervenção pedagógica com uma turma do 3º ano do Ensino Médio do Colégio Estadual Jardim Guanabara, em Goiânia, Goiás, e as atividades práticas foram baseadas nestes trabalhos de Genebaldo Dias: “O meio ambiente em nossas vivências cotidianas e nossa dependência com a energia elétrica”, “As indústrias e a comunidade”, “Poluição sonora urbana”, “O uso da água”. Em seu resultado, “[...] tem-se o desenvolvimento de um processo de ensino-aprendizagem capaz de alcançar uma educação problematizadora, dialógica e libertária [...]” (PRUDENTE, 2013b, p. 8).

Souza e Silveira (2015) realizaram um estudo sobre os construtores de canoas e as formas como expressavam os seus saberes em Ciências e Matemática no que se refere à fluuabilidade e desenvolveram estratégias para estabelecer relações entre o saber dos construtores e os saberes dos livros didáticos. Os autores buscaram nos jogos de linguagem e no saber da etnofísica o aporte teórico que sustentasse suas análises quanto ao contexto dos construtores. A pesquisa apresentou, como resultados iniciais, que os construtores utilizavam, em suas práticas, os princípios físicos de densidade e empuxo semelhante aos usados pelos engenheiros e professores, “[...] contudo, os jogos de linguagem evocados no momento da entrevista parecem “mascarar” a cientificidade das técnicas desenvolvidas na prática de seu ofício [...]” (SOUZA; SILVEIRA, 2015, p.103).

Silva (2016) realizou uma intervenção pedagógica que buscou avaliar o conhecimento de Física dos alunos do 2º ano do Ensino Médio em relação à produção artesanal de óleo de mamona. Em seu aporte teórico, o autor

abordou a etnomatemática, a etnofísica e o ensino de Física, e sua metodologia primou por questionários, saídas de campo e envolvimento dos alunos e seus familiares nos processos de ensino e aprendizagem. Os resultados indicam que os produtores e os estudantes tinham os mesmos conhecimentos encontrados nos livros escolares; porém, em linguagens próprias. Ademais, ocorreu uma aproximação entre os discentes e a cultura de produção de óleo de mamona.

No site da CAPES ou no Google Acadêmico sobre o termo “farinha de mandioca” ou “mandioca”, encontram-se resultados que se direcionam ao processo de detoxificação, tratamentos culturais e equipamentos para a fabricação de farinha. Por sua vez, no campo da educação, o Google Acadêmico expõe um trabalho relevante, uma dissertação de Damasceno (2004), que investiga os saberes matemáticos populares construídos e praticados na fabricação de farinha, nas categorias de tempo e medidas da matemática escolar, nos Municípios de Serra do Navio e Calçoene no Amapá. No aporte teórico, o autor discorre sobre educação e cultura, etnomatemática e suas contribuições para o ensino de Matemática. A pesquisa é de campo, e os dados coletados foram organizados em função do tempo (plantar e colher a mandioca, fabricar e comercializar a farinha) e de medidas (lineares, superficiais e volumétricas).

Além de analisar os saberes dos farinhaeiros que foram associados à Matemática Escolar, objetivo da pesquisa, Damasceno (2004, p.138) afirma que “[...] com o passar do tempo percebemos que existiam muito mais coisas presentes naquela atividade, do que somente relações matemáticas que procurávamos, havia simplesmente VIDA [...]”. O pesquisador descobriu que extrair dos farinhaeiros os saberes de tempo e medidas foi um grande desafio graças ao significativo papel da farinha de mandioca na cultura, história e renda econômica de suas populações, fato que poderia levar a investigação a outros rumos.

Da mesma forma, o desafio se fez presente no desenvolvimento de minha dissertação no momento de escolher um aporte teórico, haja vista as dificuldades de encontrar estudo sobre a etnofísica; mas, por outro lado, representou uma possibilidade de reforçar e ampliar as pesquisas sobre a

temática. Assim, busquei uma teoria semelhante, que, neste caso, foi apropriar-me da etnomatemática a fim de resgatar “[...] os significados dos fenômenos naturais dos educandos em um movimento harmônico com a física científica” (PRUDENTE, 2010, p. 1-2).

Para Anacleto (2007), alguns indivíduos, mesmo tendo domínio do conhecimento científico, continuam usando concepções intuitivas no seu cotidiano, pois a Física tem se mostrado desvinculada da realidade da escola. Nessa conjuntura, seus conteúdos, algumas vezes, têm apresentado temas alheios ao mundo dos alunos. Como exemplo, cito os estudos sobre forças da gravidade da Terra e da Lua para ocorrências de ondas e marés: em Pinheiros, não há praias, e os nossos recursos hídricos não são visivelmente afetados por tais forças. Contudo, para as pessoas que moram em São Luís, tal temática faz sentido e, portanto, associa-se à realidade de seus discentes. O fato é que, caso comparássemos os estudantes das duas cidades, perceberíamos que eles, quando confrontados com determinadas situações, não conseguiriam relacionar o fenômeno observado ou vivido com o conteúdo escolar.

Freire (1996) questiona os motivos que levam o professor a ignorar as concepções intuitivas do aluno. Por exemplo, um estudante pinheirense, ao desempenhar a atividade de fabricação de farinha de mandioca, poderia ser questionado sobre o porquê de ser mais fácil descascá-la quando ela está amolecida do que *in natura*. São pequenas questões que possibilitam grandes discussões e que perpassam pelo saber popular do discente e do da Física. Anacleto (2007, p. 40-41) afirma que

[...] a Etnofísica se volta para a interação do aluno com o cotidiano, buscando modificações nas suas concepções intuitivas, reestruturando seus modelos mentais dos acontecimentos que estão acostumados a presenciar. Desta forma a Etnofísica transforma os conhecimentos intuitivos em conhecimentos à luz da ciência, tão propagados pelas escolas e universidades, tendo como ponto de partida um estudo das situações típicas de uma comunidade ou grupo.

As situações cotidianas dos alunos podem ser interligadas com a Física, Matemática, Química ou qualquer outra disciplina, é possível de ser estabelecido pelo professor quando respeita e utiliza o saber intuitivo de seus discentes para discutir os saberes escolares. A discussão deve contemplar o

saber popular e, ao docente, cabe estimular o estudante a reconstruir esse saber e usá-lo em seu cotidiano. Ao ratificar tal pensamento, Prudente (2010a, p. 2) assegura que

A Etnofísica aqui considera ontologicamente o modo de ver, de interpretar, de compreender, de explicar, de compartilhar, de trabalhar, de lidar, de sentir e de saborear com sapiência (entendida como conhecimento com sabor) os fenômenos naturais por parte dos educandos, desenvolvendo modos de saborear a realidade perceptível.

Ainda sobre o cotidiano cultural dos alunos e sua contribuição para o ensino, é possível inferir que essa estratégia pode produzir novos significados aos saberes que eles aprenderam tanto no seu cotidiano quanto na sala de aula. O fato é que, com suas próprias concepções intuitivas, descrevem e explicam os fenômenos que os rodeiam e, ao mesmo tempo, transportam essas formas de saber à escola. Para que haja essa transposição, é preciso que o professor reconheça em seu discente “um cientista cotidiano”. Para Silva (2016, p. 10),

O registro e a disseminação do modo de fazer ciências de uma sociedade constituem em uma ampliação de seus elementos culturais. E esse entendimento de como os sujeitos de uma cultura fazem ciências evidencia que o professor em sala de aula pode encontrar em seu aluno um cientista do cotidiano, utilizador de teorias e práticas distintas do mundo escolar. Assim, intervenções em sala de aula à luz de conhecimentos científicos culturais traz um novo significado ao ambiente educacional, onde os alunos se tornam parte do conhecimento ensinado e produzido. Esse processo pode tornar a escola mais significativa para o discente.

Além disso, o tema cultura, ao ser inserido em sala de aula, dificilmente contempla a Física, pois, normalmente, têm sido abordadas obras literárias, pintura, cultura erudita, temas relacionados à História, Geografia, Educação Artística. Zanetic (2005) afirma que a Física é mal ensinada, pois não considera a cultura do aluno. Empiricamente, tem-se observado que as propostas de ensino e aprendizagem de Física têm se voltado a experimentos (principalmente os que utilizam material de baixo custo), modelagem computacional (por exemplo, a utilização do *software Modellus*), interdisciplinaridade (especialmente com a Matemática e Educação Física).

Uma estratégia para a utilização de experimentos no ensino de Física é através do método POE (Previsão, Observação e Explicação), que consiste na aplicação de um questionário inicial sobre um determinado fenômeno para que os alunos exponham seus conhecimentos prévios. Em seguida, é realizada a experiência por meio da qual eles procuram semelhanças e/ou diferenças entre o que foi previsto e, conseqüentemente, buscar, na previsão e na observação, a explicação o fenômeno. Ao desenvolver minha pesquisa, fiz uso desse método para iniciar os discentes na investigação científica e facilitar a operacionalização dos conceitos de força da Física Escolar que foram observados nos saberes dos farinheiros.

Mediante a utilização dos recursos tecnológicos ou experimentação, é possível promover a contextualização da realidade do discente para que “[...] o conteúdo do ensino provoque aprendizagens significativas que mobilizem o aluno e estabeleçam entre ele e o objeto do conhecimento uma relação de reciprocidade [...]” (BRASIL, 2000b, p. 78). Os conteúdos de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias nos quais a Física está inserida devem contribuir para que o aluno compreenda o significado da ciência e da tecnologia na vida humana e social. O conhecimento deve fazer parte da vida cotidiana, dos problemas e soluções que movem os seres humanos, pois, segundo os PCNEM (BRASIL, 2000b, p. 22),

A integração dos diferentes conhecimentos pode criar as condições necessárias para uma aprendizagem motivadora, na medida em que ofereça maior liberdade aos professores e alunos para a seleção de conteúdos mais diretamente relacionados aos assuntos ou problemas que dizem respeito à vida da comunidade. Todo conhecimento é socialmente comprometido e não há conhecimento que possa ser aprendido e recriado se não se parte das preocupações que as pessoas detêm. O distanciamento entre os conteúdos programáticos e a experiência dos alunos certamente responde pelo desinteresse e até mesmo pela deserção que constatamos em nossas escolas [...].

Além disso, os conteúdos de Física, quando não conectados à realidade presente na vida dos alunos, leva estes a pensar que “[...] Física é coisa de outro mundo, o que acaba por acentuar as dificuldades enfrentadas por eles [...]” (OLIVEIRA, 2007, p. 21), ou criam estereótipos, como “Física é para gênios”, “só sabe Física quem é bom de Matemática”, sendo que o mais ouvido pelos estudantes de graduação é que “Física é coisa de doido”. São

pensamentos que podem dificultar o ensino de Física. De acordo com Anacleto (2007, p. 81),

[...] a Ciência não deveria estar desligada da realidade, a Etnofísica nos mostra um caminho para esta aproximação entre teoria e práxis. Assim, e visto ser este nosso entendimento sobre como deve ser o processo de ensino-aprendizagem, acredito que somente ao trabalhar conceitos de forma contextualizada para o educando, fazendo a ponte entre os conceitos teóricos acadêmicos e suas vivências é que realmente promovemos Educação. Educar é muito mais que transmitir conhecimentos, é aplicar na realidade o conhecimento científico e social inerente a cada coisa.

É importante enfatizar que realidade do aluno não deve ficar “isolada” a uma disciplina, mas sim fazer parte do currículo escolar, do seu plano político pedagógico. Entretanto, não se pode ensinar-lhe apenas aquilo de que necessita fazer ou usar no dia seguinte. Assim sendo, cabe à escola selecionar e apresentar conteúdos que permitam ao educando compreender sua realidade e se fortalecer como cidadão. Esta concepção de ensino, para Hunsche e Auler (2012, p. 13), “[...] desloca a ênfase de um cumprimento rigoroso, burocrático de um currículo, concebido fora do âmbito da comunidade escolar, para a flexibilização curricular, pautada pela ressonância entre esse e a sociedade [...]”.

Durante minhas atividades de professora, empiricamente, observei que as metodologias de ensino que foram contextualizadas com a vida dos alunos foram atrativas, despertando-lhes o interesse. Eles se empenharam na realização dos experimentos, na interpretação dos dados, na criação de modelos, entre outros. Enquanto explicava um determinado conteúdo, a turma citava exemplos do seu cotidiano, fazia comentários acerca do modo como seus pais ou avós realizavam determinadas atividades, principalmente as ligadas à agricultura e à pecuária.

Embora não sabendo a explicação científica, os alunos justificavam, por meio da escrita, a utilização de cada material, bem como o procedimento para realizar determinada tarefa. Cumpre pontuar que, nas ações acima citadas, fizeram uso de seus próprios conhecimentos. Ademais, alguns conseguiram relacioná-las com outras áreas do conhecimento, o que favoreceu a troca e o compartilhamento de informações, gerando um novo conhecimento. Logo, com

a inserção de seus saberes intrínsecos, eles conseguiram conectá-los aos escolares, ou seja, a Física Popular dos farinheiros à Escolar. O fato possibilitou-lhes a compreensão de suas relações e a melhoria dos processos de ensino e aprendizagem, aliadas à percepção de que a escola, os conteúdos dos livros e as Ciências faziam parte de sua vivência, comunidade e cultura.

Assim, considerando que as Físicas Popular e Escolar não são antagônicas, mas sim complementares, Souza (2013, p. 101) afirma que “[...] o trabalho pedagógico com Etnofísica requer a apropriação da memória cultural do sujeito pesquisado, de seus códigos e símbolos, de seu universo microsocial”. A apropriação deste saber não permite apenas a inserção do aluno na escola, mas a busca de sua valorização enquanto ser que conhece, faz, vive e é parte integrante da sua sociedade. Conseqüentemente, podem ocorrer o enriquecimento do ensino de Física e a formação de cidadãos críticos e atuantes.

Os PCNEM (BRASIL, 2011a) destacam que a Física se configura como uma proposta de ensino voltada à formação do cidadão crítico, reflexivo, solidário, apto para alterar, modificar e transformar a sua realidade. A Disciplina possui competências específicas que auxiliam o homem na compreensão e percepção de fenômenos naturais e tecnológicos que ocorrem no seu cotidiano ou na sociedade da qual faz parte. Ela deve ser reconhecida como um processo construído ao longo da história da humanidade que contribui para as áreas culturais, econômicas, sociais, entre outras. Tais ideias podem ratificar as propostas da etnofísica na educação e abordagem da Física como cultura que são concepções convergentes com a proposta teórico-metodológica dos PCNEM (ZANETIC, 2005).

Prudente (2010a, p. 5) afirma que a educação pode fornecer subsídios para que os alunos compreendam que a Física é uma forma de explicar os acontecimentos cotidianos. Ao aproximar os conhecimentos científicos à realidade do aluno, permite-se a reflexão “[...] sobre o real papel das ciências, mais especificamente a Física, conscientizando-o de que física não é uma ciência voltada para gênios e sim uma ciência de curiosos. [...]”. Logo, a etnofísica se mostra viável, pois propicia ao educando estudar o seu cotidiano,

buscar os elementos do seu modo de fazer, ver, sentir que contenham semelhanças ou diferenças com os saberes científicos. Corroborando esta ideia, Prudente (2013b, p. 16) pontua que

A Etnofísica, nesse sentido, requer a apropriação da memória cultural dos aprendentes, de seus códigos, símbolos, hábitos, atitudes, comportamentos, formas de ação, sentimento e pensamento, com o intuito de servir a uma educação problematizadora, dialógica, libertária, que forme cidadãos crítico-reflexivos capazes de atuar ativamente na solução das problemáticas que os cercam.

Nesta pesquisa, o cotidiano é a farinha de mandioca, seja pelo fato de as famílias de alguns alunos serem farinheiros ou trabalharem nas casas de forno ou, ainda, compartilharem da sua degustação. Este universo de saberes pode ser considerado como um saber etnofísico, pois, conforme Souza e Silveira (2015, p. 104, grifo dos autores),

[...] É um tipo de saber que existe à margem do saber considerado científico pelas escolas e universidades. Contudo, está mais presente no dia-a-dia do que imaginamos. É *etno* porque pode ser observado em grupos de profissionais que se destacam devido suas linguagens, culturas e “ciências” próprias. É *físico* porque é um conhecimento que “funciona bem”, uma vez que pode fundamentar explicações e tomada de decisão sobre o mundo real. Em síntese, é um saber *etnofísico* [...].

Além disso, a etnofísica, como estratégia de ensino, possibilita “[...] discussões que valorizem e aproximem o saber tradicional dos ribeirinhos aos saberes necessária a escola para a formação de cidadãos críticos e atuantes sócio - culturalmente, enriquecendo, assim, o ensino de Física [...]” (SOUZA, 2013, p. 111). Cumpre considerar que busquei fornecer aos alunos mecanismos que lhes permitissem compreender que os fenômenos físicos vão além de formulações matemáticas. Prudente (2010a, p. 9), ao defender o ensino de Física por meio da etnofísica, afirma que

[...] É comum a crítica à “matematização” do Ensino de Física, caracterizada pela excessiva ênfase na apropriação de conceitos matemáticos para se trabalhar com os fenômenos naturais estudados pela Física; nesse sentido, o programa Etnofísica contribui para uma desmatematização na medida em que cambia o foco para a compreensão do fenômeno por meio das trocas culturais e valorização dos conhecimentos prévios [...].

Por sua vez, Silva (2016, p. 11) assegura que

[...] A Etnofísica como suporte pedagógico pode ser uma metodologia eficaz para as aulas de física, pois interage com os alunos através de

significados trabalhando também conceitos atitudinais. Nesse caso, o respeito pelos valores sociais e as mais variadas formas de conhecimentos produzidos por uma sociedade [...].

As contribuições da etnofísica que elenquei como uma estratégia de ensino de Física foram a base da construção da minha intervenção pedagógica por meio da qual os alunos pertencentes ou não à cultura dos farinheiros investigaram os elementos presentes nos saberes dos farinheiros que podiam ser contextualizados com os escolares. É salutar destacar que a prática não tinha a intenção de substituir as aulas de Física do IFMA, *Campus* Pinheiro, mas criar e implementar uma estratégia de ensino. Ratificando este pensamento, Silva (2016, p. 11), afirma que “[...] elaborou-se, todavia, mais um subsídio que poderá ser utilizado quando de introdução ao assunto de sala de aula, onde o professor valorizará a cultura local e a criatividade de seus alunos [...]”. Nesse sentido, Anacleto (2007, p. 39) declara que,

[...] A importância de um novo caminho para o ensino de Física é o que me leva a pesquisar a Etnofísica, uma maneira de introduzir conhecimentos científicos através de situações reais, impregnadas de conhecimentos intuitivos, criando, pois, uma prática mais interessante e contextualizada da Física [...].

A pesquisa sobre etnofísica pode fornecer uma variedade de informações; algumas pela possibilidade de estarem relacionadas ao desenvolvimento científico, outras por serem importantes para a história de uma região. Então, o que utilizar em sala de aula? São questões que dependem da finalidade do professor, que poderá contextualizar os conteúdos escolares aos saberes populares consoantes os temas de cada série em que leciona.

A organização dos temas estruturadores de Física está regulamentada pelos PCNEM (BRASIL, 2011a), redistribuída entre as séries 1º, 2º e 3º do Ensino Médio. Esses temas correspondem aos Movimentos: variações e conservações; Calor: ambiente e usos de energia; Som: imagem e informação; Equipamentos elétricos e telecomunicações; Matéria e radiação; Universo, Terra e vida. Em consequência do exposto, busquei, na Física Popular dos farinheiros, os elementos possíveis de serem analisados à luz da Física Escolar visando ao estudo de forças. A grandeza força, preliminarmente, surge no tema estruturador “Movimentos: variações e conservações”,

especificamente na dinâmica, que é uma das partes de análises da mecânica clássica.

O tema estruturador “Movimentos: variações e conservações”, conforme PCNEM (BRASIL, 2011a), é importante, pois permite identificar e classificar os movimentos, bem como determinar as interações que os originaram e as suas variações de transformações. As variações dos movimentos estão associadas às intensidades das forças, que são o resultado das interações entre os corpos durante um determinado tempo. Identificar as forças consente prever e avaliar as situações cotidianas que envolvem movimento, mas é necessário considerar também as situações em que os corpos estão em repouso ou se deformam de acordo com as forças envolvidas na interação.

2.2 O conceito de força para a Física Escolar

A Mecânica é a parte da física que busca analisar o movimento de uma partícula que interage com as demais que se encontram ao seu redor de forma a alterar sua velocidade e produzir uma aceleração. Divide-se em cinemática (descreve os termos da posição, velocidade e aceleração) e dinâmica (estuda as causas de um movimento, apropriando-se dos conceitos da cinemática). Galileu Galilei (1564-1642) e Isaac Newton (1642-1727) foram pioneiros nos estudos sobre movimento que caracterizam a “mecânica clássica”. De acordo com Resnick, Halliday e Krane (2003, p. 47, grifo dos autores),

[...] Newton apresentou as suas três leis de movimento em 1687 em seu trabalho de *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica*, normalmente chamado de *Principia*. As leis de Newton formaram a base do nosso entendimento sobre movimento e suas causas, até que as limitações foram reveladas pelas descobertas, no século XX, da física quântica (...) e relatividade especial [...].

Desse universo de grandezas e fenômenos físicos, restringi esta pesquisa ao ensino de força visando contextualizar o tema com a fabricação da farinha. O termo “força”, no cotidiano, pode ser associado a sentimentos, como força de vontade, religião (Deus é minha força); provérbios (a sua inveja é

força do meu sucesso); esforço muscular (é preciso muita força para carregar esta caixa'), entre outros. Essas concepções não possuem uma conotação científica; porém, é importante discuti-las, pois elas fazem parte dos conhecimentos intuitivos dos alunos e também dos farinheiros, como observei durante a realização dos encontros que destaquei na seção de resultados.

Além dessas concepções, quando a força está associada ao esforço muscular, intuitivamente, acredita-se que, exercendo-a, pode-se empurrar, puxar ou levantar objetos. Mesmo uma intuitiva nos remete à ideia de interação entre corpos para que exista uma força. Entende-se como interação quando dois ou mais corpos exercem mútua e simultaneamente forças uns sobre os outros (NUSSENZVEIG, 2002).

As interações entre os corpos macroscópicos não necessitam obrigatoriamente estar em contato para que haja força. Contudo, não há atuação de força num corpo isolado; é preciso interação entre dois ou mais deles, isto é, um sofre a ação de uma força que provém de outro. Esta é resultado da interação entre eles, mas, comumente, interessa-nos apenas um deles. Assim, busca-se analisar os efeitos produzidos pela força em um corpo que podem ser: deformação, alteração no estado de movimento ou repouso, equilíbrio em relação a outras interações. Assim, a força é representada na forma de um vetor²³, pois, de acordo com a direção e sentido na qual ela é aplicada, seus efeitos podem ser diferentes (NUSSENZVEIG, 2002).

Segundo Halliday, Resnick e Walker (2009a), quando duas ou mais forças atuam sobre um mesmo corpo, é possível determinar a força total ou resultante a partir da soma vetorial das forças. A resultante possui o mesmo efeito sobre o corpo sobre o qual todas as forças agem simultaneamente, isto é, ocorre a superposição de forças. Assim, quando uma resultante \vec{F} age numa partícula de forma que esta adquira uma aceleração \vec{a} , no decorrer do tempo, varia sua velocidade. Dizemos que o módulo da aceleração é

²³ Um vetor pode ser representado pela letra com uma seta (\vec{X}) ou pela letra em negrito (**X**) em que o vetor é caracterizado pelo módulo, direção e sentido. O módulo representa o valor numérico e a unidade de medida, por exemplo, 10N (N – Newton, a unidade de medida da força no SI). A direção é a característica que duas ou mais retas têm em comum, e o sentido é a orientação em que uma partícula percorre em uma direção.

proporcional à intensidade dessa força, ou seja, $\vec{a} \propto \vec{F} \rightarrow \vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$, ou, em termo da força, $\vec{F} = m\vec{a}$.

Em relação à força resultante, quando esta é nula, os corpos estão em equilíbrio, independente do número de forças que atuam nesses corpos. As condições de equilíbrio também devem considerar o referencial adotado para observação ou ocorrência das interações entre os corpos (NUSSENZVEIG, 2002). Nesta pesquisa, considero que os corpos estejam em referências inerciais, isto é, em qualquer referencial, a sua aceleração permanece nula quando não há forças atuando em corpo. Conforme Resnick, Halliday e Krane (2003, p. 48),

[...] a interação de um corpo com sua vizinhança é descrita em termos de uma força \vec{F} . Uma força representa a ação de empurrar ou puxar em uma determinada direção (...). Cada força exercida em um objeto é causada por um determinado corpo de sua vizinhança [...].

Por sua vez, Tipler e Mosca (2012) apresentam dois tipos de forças: a de campo, que é qualquer força aplicada num corpo por outro que não esteja em contato direto com ele (por exemplo, atração gravitacional); de contato, que é a força gerada no ponto de contato direto entre dois objetos (por exemplo, força atrito). No entanto, essa é uma possível classificação que remete à ideia de ação à distância quando a noção física de campo não era bem compreendida. No contexto da física de partículas e na mecânica clássica, as forças são o resultado das interações entre partículas. Segundo o modelo padrão, na natureza, é possível observar quatro interações básicas para partículas elementares (TIPLER; MOSCA, 2012, p. 95):

1. A interação gravitacional – a interação de longo alcance entre partícula devida às suas massas. Alguns acreditam que a interação gravitacional envolve a troca de partículas hipotéticas chamadas grávitons.
2. A interação eletromagnética – a interação de longo alcance entre partículas eletricamente carregadas envolvendo a troca de fótons.
3. A interação fraca – a interação de curtíssimo alcance entre partículas subnucleares que envolve a troca ou produção de bósons W e Z. As interações eletromagnética e fraca são vistas como uma única interação unificada chama interação eletrofraca.
4. A interação forte - a interação de curto alcance entre hádrons, estes constituídos de quarks, que mantém unidos prótons e nêutrons formando os núcleos atômicos. Envolve a troca de mésons entre hádrons, ou de glúons entre quarks.

As interações fortes e fracas são importantes nos estudos de corpos no nível nuclear em virtude de seu curto alcance. Dessa forma, para análises macroscópicas, primam-se pelas interações eletromagnéticas e gravitacional (NUSSENZVEIG, 2002). Mediante o tipo de interação que ocorre entre os corpos, nesta pesquisa, busquei analisar as forças de campo e de contato que podiam ser observadas na fabricação de farinha de mandioca. Em relação à interação de campo, destaca-se a força peso ou simplesmente peso que, para Resnick, Halliday e Krane (2003, p. 60, grifo dos autores),

A força da gravidade exercida para baixo pela Terra sobre o objeto é chamada de *peso* do corpo. A força da gravidade da Terra sobre o objeto é a mesma, não importa se o corpo está em repouso ou caindo; a força possui uma intensidade mg e um sentido na direção do centro da Terra. Em termos de intensidade, o peso P é $P = mg$ ²⁴.

Mas, no cotidiano, o termo “peso” está associado aos dizeres “meu peso é 80 quilos” ou “um alqueiro²⁵ pesa 30 quilos”, comprovando que estamos nos referindo à massa. Essa grandeza escalar²⁶ é definida por Resnick, Halliday e Krane (2003, p.52) como “[...] a propriedade de um corpo que determina a sua resistência a uma mudança no seu movimento [...]”. No Sistema Internacional de Medidas (SI), utiliza-se o quilograma²⁷ (kg) como medida padrão da massa, uma propriedade intrínseca de um corpo.

Assim, ressalta-se que o peso é uma força que depende da massa e da aceleração da gravidade, ou seja, em qualquer planeta, a massa de um corpo é igual, mas seu peso é diferente. Na Terra, com $\vec{g}_{Terra} = 9,81m/s^2$, um corpo de massa $m = 60kg$ tem $\vec{P}_{Terra} = 588,60 N$, mas na Lua com $\vec{g}_{Lua} = 1,622m/s^2$, $\vec{P}_{Lua} = 97,32 N$. Portanto, a massa do corpo é igual em qualquer lugar; porém, o peso varia de acordo com a gravidade do local em que o corpo se encontra.

Na fabricação de farinha, um exemplo que pode ser associado à força peso é a queda dos grãos da mandioca na gamela²⁸. O farinheiro a comprime na peneira fazendo com que os grãos grossos fiquem na parte superior e os

²⁴ A aceleração da gravidade local é representada por \vec{g} .

²⁵ Um alqueiro corresponde a 30 kg de farinha.

²⁶ São as grandezas definidas apenas pelo módulo e unidade de medida.

²⁷ Popularmente, utiliza-se a palavra “quilos” como sinônimo de “quilogramas”.

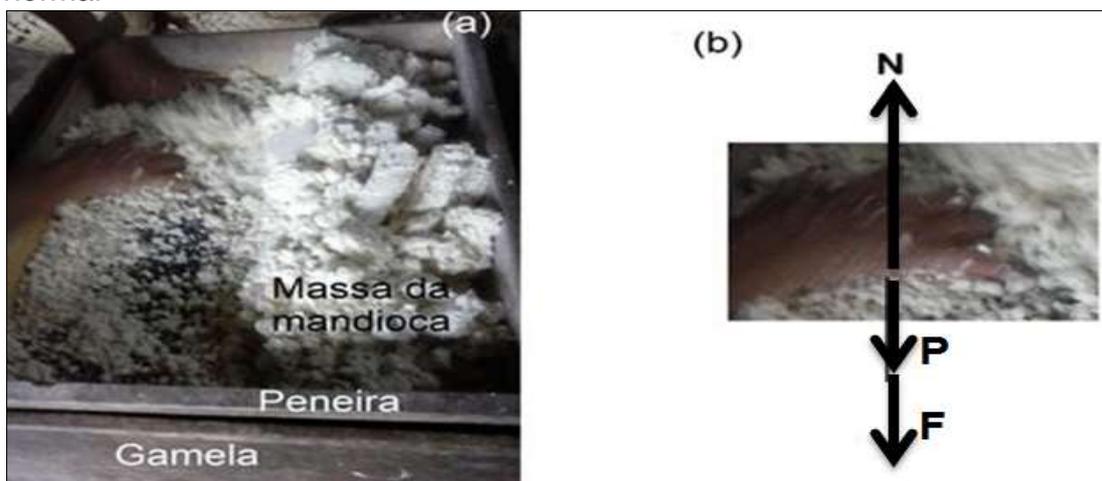
²⁸ A gamela é um artefato de madeira que possui forma quadrangular semelhante a uma gaveta, mas com “pés”.

finos caem na gamela, o que, para ele, a queda é um movimento natural. Não teria como os grãos se deslocarem para outro lugar, mas caem na gamela porque são atraídos pelo campo gravitacional da Terra em direção ao solo. Segundo Resnick, Halliday e Krane (2003), o peso é responsável pela queda livre (desprezando outras forças que podem atuar no corpo, como a resistência do ar), ou seja, ele é a força de atração gravitacional da Terra sobre os grãos.

Ainda sobre a etapa de peneiramento, considera-se o momento em que as mãos do farinheiro comprimem a mandioca de forma a empurrá-la contra a peneira. Para ele, essa compressão é uma força do tipo esforço muscular, mas, para a Física, pode ser entendida como um exemplo de força normal. Esta ocorre “quando um corpo exerce uma força sobre uma superfície, a superfície (ainda que aparentemente rígida) se deforma e empurra o corpo com uma força normal \vec{F}_N que é perpendicular à superfície” (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2009, p. 104). A força normal também é representada por \vec{N} , e suas principais características são a compressão entre as superfícies, que determinam sua intensidade; a direção, que é perpendicular à superfície de apoio, e o sentido, que é oposto à interpenetração da superfície em relação ao ponto em que ocorre o contato.

O Quadro 2 descreve a etapa de peneiramento da mandioca. As mãos do farinheiro a comprimem, e esta tarefa pode ser associada à força normal que existe das mãos para a mandioca e vice-versa. Outra análise possível, conforme Resnick, Halliday e Krane (2003), acontece quando, ao comprimir a mandioca na peneira, empurrando-a para baixo com uma força \vec{F} , os grãos finos que passam pela peneira caem na gamela, mas os grossos permanecem na parte superior da peneira, supondo-se que estejam em repouso. Para estes, a aceleração é nula; conseqüentemente, a força resultante deve ser nula, e total para baixo ($\vec{P} + \vec{F}$), igual à força para cima (\vec{N}). Dessa forma, a intensidade da força normal é diretamente proporcional ao valor \vec{F} , ou seja, $\vec{N} = \vec{P} + \vec{F}$.

Quadro 2 – (a) Peneiramento da massa de mandioca e (b) Diagrama da força normal



Fonte: Adaptado pela autora de Resnick, Halliday e Krane (2003)

Resnick, Halliday e Krane (2003) sustentam que, quando o corpo está numa superfície horizontal, o módulo da força normal é igual à força peso, isto é, $\vec{N} = m\vec{g}$, mas sempre será perpendicular à superfície de contato. Além disso, empiricamente, observa-se que alguns livros didáticos do Ensino Médio apresentam a força normal como a força de reação do peso. Mas, segundo a 3ª Lei de Newton²⁹, o par de forças ação e reação nunca agem sobre o mesmo corpo. Assim, as forças peso e normal que agem num único corpo não podem ser um par ação-reação.

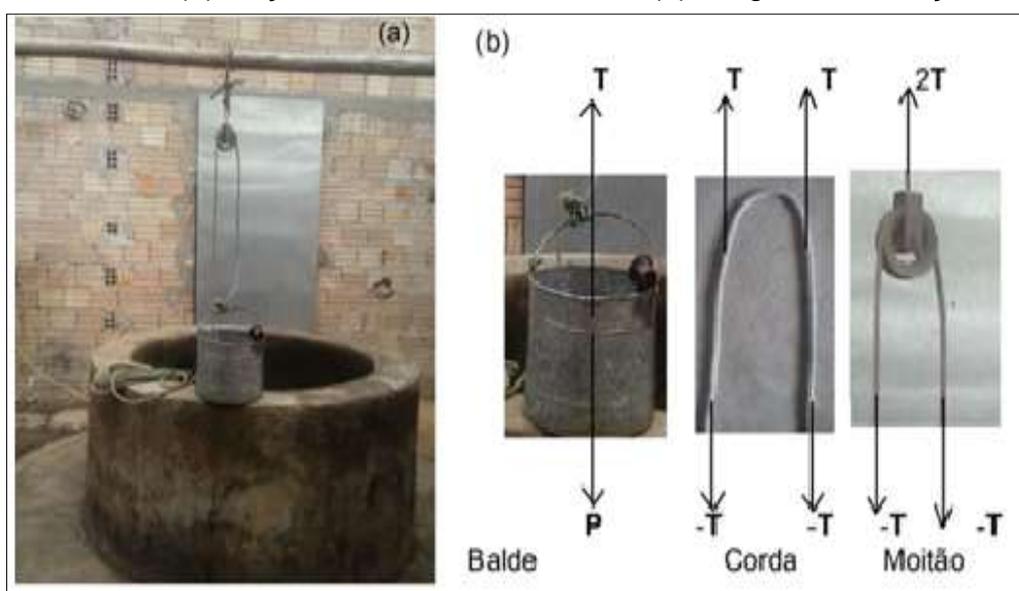
Antes de a mandioca ser peneirada, é preciso retirar sua casca, que, segundo o farinheiro, é “puxada” facilmente se estiver amolecida, mas com dificuldade, *in natura*. Tal fato não está relacionado ao atrito existente entre a casca e a raiz, mas à “força” aplicada para remover a primeira. Nessa situação, podem-se analisar dois pontos relevantes: a água utilizada para o processo de amolecimento e o atrito entre a casca e a raiz da mandioca.

Cumpramos enfatizar que a maioria das casas de forno se localizava na zona rural, local que não dispunha de sistema hidráulico por encanação. A

²⁹ A 3ª Lei de Newton, conforme Halliday, Resnick e Walker (2009, p. 107), diz que “quando dois corpos interagem, as forças que cada corpo exerce sobre o outro são sempre iguais em módulo e têm sentidos opostos”. As discussões sobre a Leis de Newton não fazem parte do escopo deste trabalho.

água utilizada para consumo e higiene era retirada de poços artesanais com o auxílio de uma corda e um moitão³⁰ (Quadro 3). No processo de amolecimento, colocava-se a água no pubeiro³¹ para que a mandioca ficasse amolecendo durante três dias, e posteriormente, ocorria a descascagem³². O moitão era utilizado para mudar a direção e/ou sentido da força aplicada na corda, bem como oferecer comodidade para quem puxasse o balde, havendo, dessa forma, a diminuição da intensidade da força empregada para tal.

Quadro 3 – (a) Poço manual com o moitão e (b) Diagrama de forças



Fonte: Adaptado pela autora de Halliday, Resnick e Walker (2009)

Conforme Halliday, Resnick e Walker (2009), uma corda, quando utilizada para puxar um corpo, exerce uma força (que também pode ser um fio ou cabo) sobre ele. Essa força se denomina tração (\vec{T}), assim chamada pelo fato de a corda ser tracionada (puxada). Além disso, o módulo de \vec{T} é a tensão da corda. Para a força de tração, a intensidade depende da interação entre a corda e a direção, e o sentido corresponde ao deslocamento da primeira.

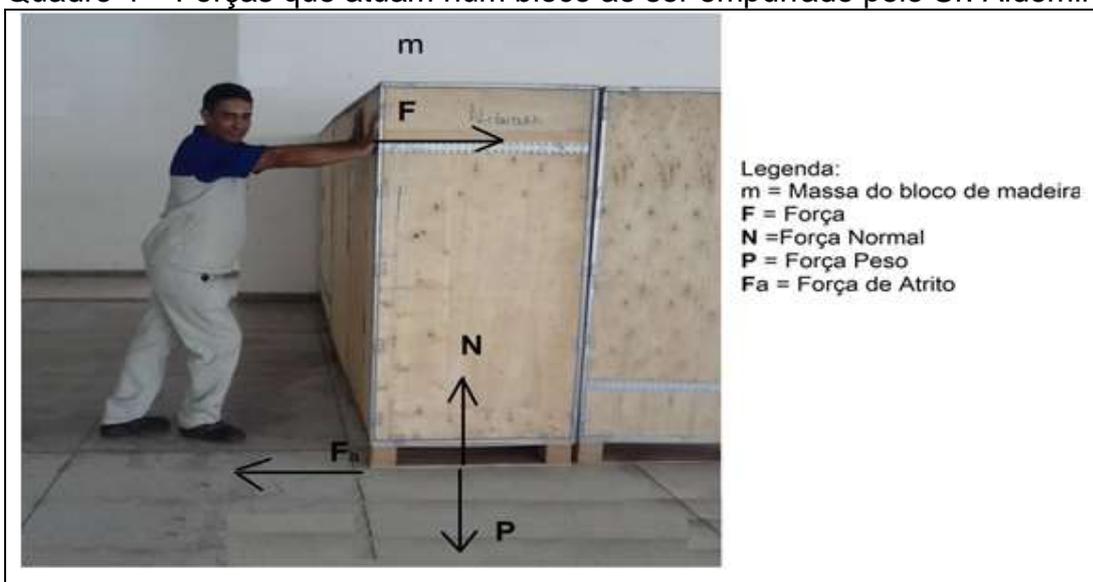
³⁰ O termo moitão é o nome popular, em Pinheiro, para a polia.

³¹ Pubeiro é um tanque artesanal feito no chão (buraco) ou no rio, cercado com folhas de palmeiras e pedaços de madeira.

³² Dos quatro farinheiros entrevistados, inicialmente, apenas um informou que descascava a mandioca antes de colocá-la no pubeiro, explicando que fazia isso em virtude do mau cheiro da mandioca quando amolecida.

Caso o corpo não pudesse ser puxado com uma corda e houvesse a necessidade de empurrá-lo de um ponto para outro, para movimentá-lo, seria preciso considerar a rugosidade das superfícies que se opunha ao movimento (QUADRO 4). Ao tentar ou mesmo empurrar um corpo numa determinada superfície, ocorre a interação entre os átomos de ambos, promovendo uma resistência ao movimento. “[...] A resistência é considerada como uma única força \vec{F} , que recebe o nome de **força de atrito** ou simplesmente **atrito** [...]” (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2009, p. 105, grifo dos autores). Portanto, a força de atrito se opõe ao movimento, depende da natureza e da rugosidade da superfície (coeficiente de atrito) e é proporcional à força normal de cada corpo.

Quadro 4 – Forças que atuam num bloco ao ser empurrado pelo Sr. Aldemir



Fonte: Adaptado pela autora³³ de Nussenzveig (2002)

No Quadro acima, observa-se um bloco de madeira sendo empurrado numa superfície, cuja interação entre ele e o Sr. Aldemir resulta em uma força \vec{F} , aplicada na horizontal. Aumentada a força \vec{F} a partir de zero, o bloco não inicia um movimento enquanto não atingir um valor crítico, denominado \vec{F}_e , também conhecido como força de atrito estático. Esta se opõe ao movimento do bloco, pode variar de zero a um valor máximo ($\vec{F}_{em\acute{a}x}$). Além disso, “[...]”

³³ O Sr. Aldemir Ferreira autorizou a publicação da sua imagem para fins didáticos.

dados mostram que $\vec{F}_{em\acute{a}x}$ é proporcional à intensidade das forças que pressionam as duas superfícies uma contra a outra [...]” (TIPLER; MOSCA, 2012, p. 127). Matematicamente, $\vec{F}_{em\acute{a}x} \propto \vec{F}_N \rightarrow \vec{F}_{em\acute{a}x} = \mu_e \vec{F}_N$, onde μ_e é o coeficiente de atrito estático (coeficiente de proporcionalidade), que depende do tipo de superfícies dos materiais que estão em contato. A orientação da força de atrito estático é oposta à tendência de o bloco entrar em movimento.

Mas, se a força é maior que $\vec{F}_{em\acute{a}x}$, o bloco inicia um movimento, a superfície (solo) exerce uma força de atrito cinético (\vec{F}_c), que se opõe ao movimento e é proporcional à magnitude da força normal que uma superfície exerce sobre a outra. Uma formulação matemática possível consiste em $\vec{F}_c \propto \vec{F}_N \rightarrow \vec{F}_c = \mu_c \vec{F}_N$, onde μ_c é o coeficiente de atrito cinético, que também está subordinado aos tipos e temperaturas dos materiais em que estão em contato. Essa força de atrito cinético, ao contrário da de atrito estático, não depende da magnitude da força horizontal aplicada (TIPLER; MOSCA, 2012).

Antes de ocorrer o processo de amolecimento, a casca está presa à polpa por ligações químicas, que, ao serem quebradas, facilitam a descascagem da mandioca, pois o atrito entre a casca e a polpa diminuem. Consequentemente, a força aplicada para puxar a casca amolecida é menor do que quando ela está *in natura*. Para o farinheiro, a descascagem exige esforço muscular de suas mãos e braços; portanto, para reduzi-lo ou evitá-lo, a mandioca é descascada quando se encontra amolecida, pois o esforço é menor, ou seja, o atrito entre a casca e a polpa diminui, o mesmo ocorrendo com a necessidade de empregar a força.

Outra situação a ser analisada na fabricação de farinha é a etapa da prensagem, que acontece quando a mandioca triturada é colocada num saco de sarrapilha³⁴ e alocada entre duas tábuas³⁵. A prensagem pode ser entendida como espremer a mandioca para separar o tucupi³⁶ (líquido) da massa (sólido), o que facilita o torramento. Na parte superior da prensa, o farinheiro coloca uma estrutura de ferro, que, ao ser girada, pressiona a tábua

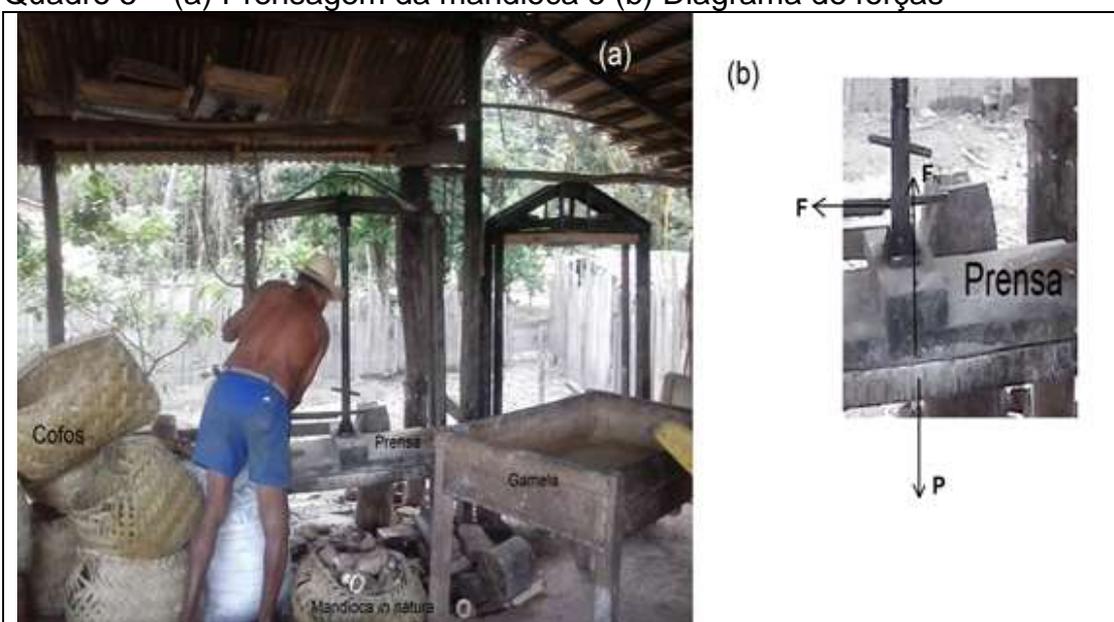
³⁴ Saco de fibra plástica, usado para colocar a farinha, correspondente a 30 kg.

³⁵ O termo tábua corresponde a um pedaço de madeira no formato de um paralelepípedo.

³⁶ É um sumo (suco) amarelo que sai da mandioca quando é espremida.

até que todo líquido seja escoado e, torrada, a parte sólida se transforme em farinha. Para a Física Escolar, a ação pode nos conduzir ao conceito de pressão entre os sólidos que está relacionado à força e à área, mas atente-se para a interação entre a peça da prensa e a da massa de mandioca, as quais resultam em forças. No Quadro 5, estão expostos alguns instrumentos e a atividade de prensagem para a fabricação de farinha de mandioca, bem como um diagrama das suas forças.

Quadro 5 – (a) Prensagem da mandioca e (b) Diagrama de forças



Fonte: Adaptado pela autora³⁷, mediante os registros da casa de forno de Macapazinho, em Pinheiro(MA)

Diante do exposto, observa-se que a Física Popular dos farinheiros pode ser relacionada à Física Escolar. Assim, faz-se necessária uma abordagem etnofísica, que Ubiratan D'Ambrósio destaca no parecer dado à dissertação de mestrado de Anacleto (2007, p.100):

Como estratégia pedagógica, a Etnofísica, assim como a Etnomatemática, insere o aluno no processo de produção de seu grupo comunitário e social e evidencia a diversidade cultural e histórica em diferentes contextos (...). Este trabalho ilustra muito bem uma das mais importantes recomendações dos Parâmetros Curriculares Nacionais, mostrando como ligar a Física e a Matemática

³⁷ O Sr. Pereira autorizou a publicação da sua imagem para fins didáticos.

a fenômenos cotidianos, culturais e sociais. Focalizando o meio rural, a autora mostra como o senso comum dos trabalhadores rurais é uma fonte inesgotável de conhecimentos científicos.

As palavras de D'Ambrósio sobre os saberes dos trabalhadores rurais e o conhecimento científico ratificam as minhas intenções de analisar uma pequena parte deste mundo, que é a fabricação de farinha de mandioca. Diante disso, busquei, juntamente com os alunos, os elementos que se assemelhassem ou diferissem das concepções intuitivas e científicas para a força.

3 ABORDAGEM METODOLÓGICA

[...] Porque não discutir com os alunos a realidade concreta a que se deva associar a disciplina cujo conteúdo se ensina (...)? Porque não estabelecer uma necessária “intimidade” entre os saberes curriculares fundamentais aos alunos e a experiência social que eles têm como indivíduos? [...] (FREIRE, 1996, p. 17).

As palavras de Freire, aliadas à importância da etnofísica para a educação, levaram-me a refletir e propor mudanças que, efetivamente, pudessem ser realizadas nos processos de ensino e aprendizagem. Para desenvolver esta pesquisa, tive que planejar e executar as ações que atendessem aos objetivos específicos. Assim, utilizei o método de estudo de caso com caráter qualitativo para analisar as contribuições dos elementos da Física Popular dos farinhaeiros para o ensino de força da Física Escolar. Nesta seção, detalho algumas características dos alunos do Ensino Integrado Técnico em Administração do IFMA, *Campus* Pinheiro, e descrevo os dez encontros que contêm as atividades em sala de aula e visitas de campo.

Quanto aos dados da empiria da pesquisa, coletei-os por meio dos instrumentos produzidos pelos alunos: guia de atividades, diário de campo, entrevistas e roteiro da visita de campo. Além disso, avaliei as informações produzidas com base na análise temática e de conteúdo, prezando os excertos que continham os elementos dos saberes dos farinhaeiros e dos alunos sobre a fabricação de farinha, que foram contextualizados com os saberes escolares.

3.1 Metodologia da pesquisa

A presente pesquisa se baseia nas teorizações da etnofísica, cuja metodologia me possibilitou realizar uma intervenção pedagógica a fim de inserir, nos processos de ensino e aprendizagem de Física, os conhecimentos dos farinheiros. A abordagem qualitativa me permitiu observar, descrever e compreender um fenômeno a partir da perspectiva das pessoas que o constituíam. Nesse sentido, Zaccarelli e Godoy (2010, p. 560) afirmam que

[...] pesquisador qualitativo deve ser visto como um *bricoleur*, ou seja, um indivíduo que coleta uma variedade de materiais empíricos, que descreve momentos e significados rotineiros e problemáticos na vida dos indivíduos e que utiliza várias práticas interpretativas para compreender temáticas de/ seu interesse [...].

Para Minayo (2010, p.22), a pesquisa qualitativa atua “[...] com o universo de significados, motivos, aspirações, crenças, valores e atitudes, o que corresponde a um espaço mais profundo das relações, dos processos e dos fenômenos que não podem ser reduzidos à operacionalização de variáveis [...]”. Ou seja, ela se preocupa com aspectos da realidade que não podem ser quantificados, que emergem da interação com as pessoas, fatos e locais que constituem o seu objeto. Ao prezar esta interação, adotei os parâmetros de um estudo de caso que, para Gil (2002), possibilitam descrever a situação no seu contexto de forma que possam ser realizadas observações empíricas. Contribuindo para esta ideia, Yin (2005, p.27), destaca que

[...] O estudo de caso conta com muitas das técnicas utilizadas pelas pesquisas históricas, mas acrescenta duas fontes de evidências que usualmente não são incluídas no repertório de um historiador: observação direta e série sistemática de entrevistas. Novamente, embora os estudos de casos e as pesquisas históricas possam se sobrepor, o poder diferenciador do estudo é a sua capacidade de lidar com uma ampla variedade de evidências - documentos, artefatos, entrevistas e observações - além do que pode estar disponível no estudo histórico convencional.

Além disso, Gil (2002) afirma que o estudo de caso como estratégia metodológica busca responder questões referentes ao “como” e ao “porquê” da existência de determinado fenômeno. Ele evidencia que o pesquisador

raramente influi ou controla o objeto de pesquisa, e os problemas e suas soluções são extraídos da realidade.

Como parte da empiria, realizei as atividades com os alunos tanto em sala de aula quanto em visitas de campo, e os instrumentos de coleta de dados foram os guias de atividades, entrevistas e o diário de campo. Os instrumentos que empreguei na coleta são convergentes com o método qualitativo. Conforme Souza e Silveira (2015, p. 108),

Tais métodos de coleta de dados envolvem e sensibilizam ativamente os participantes do estudo. Os pesquisadores qualitativos buscam o envolvimento dos participantes na produção de dados e tentam estabelecer harmonia e credibilidade com as pessoas no estudo. Além disso, tentam não perturbar o local mais do que o necessário. O pesquisador qualitativo normalmente produz dados por meio de observações abertas, entrevistas, documentos, sons, e-mails, álbum de recortes e outras formas emergentes.

Para as entrevistas, apliquei um questionário aberto que serviu para guiar a arguição sobre a fabricação de farinha e os seus saberes, que me permitiram observar o comportamento dos farinhaeiros, as suas interações com os alunos e a casa de forno. Conforme Souza e Silveira (2015, p. 109), “[...] na entrevista, o investigador é capaz de observar a reação dos sujeitos entrevistados, dando profundidade às respostas, compreendendo o que está por trás do que é verbalizado [...]”.

Além disso, explorei o diário de campo para captar o “olhar” dos alunos, bem como as minhas próprias perspectivas sobre a pesquisa. Considero que que esta ferramenta me permitiu registrar de “[...] forma mais minuciosa possível, os acontecimentos ocorridos em campo, assim como as impressões subjetivas decorridas destes acontecimentos [...]” (NEVES, 2006, p. 8). Para avaliar os dados contidos nos diários, apoiei-me na abordagem temática associada à análise de conteúdos, pois

A análise temática é empregada por aqueles pesquisadores alinhados às metodologias qualitativas e que utilizam os diários com uma estrutura aberta, a ser completada com textos escritos pelos diaristas [...]. Nesta modalidade pode-se recorrer tanto à análise de conteúdo quanto aos procedimentos derivados da *grounded theory*. Na análise do conteúdo é comum a organização de um sistema de categorias pré-definidas que é aplicado aos textos produzidos pelos diaristas, gerando informações uniformes e padronizadas, de acordo com o esquema previamente estabelecido. Normalmente no sistema de categorias contemplam-se aspectos decorrentes do referencial

teórico [...]. No entanto, na análise de conteúdo, também pode se dar um foco mais interpretativo, em busca da compreensão dos significados atribuídos pelos diaristas aos textos por eles produzidos (ZACCARELLI, GODOY, 2010, p. 583).

Ainda, por se tratar de uma intervenção pedagógica, realizei atividades em sala de aula e visitas de campo. Estas tinham o propósito de integrar a teoria (conhecimento escolar) à prática (atividade cotidiana) e promover a observação e reflexão acerca da Física Escolar em sala de aula. Neste caso, elas podem

[...] ser positivas na aprendizagem dos conceitos, pois estimulam os professores para a possibilidade de inovação de sua prática. Além de permitir uma abordagem menos fragmentada e menos abstrata de determinados conhecimentos referentes à ecologia, pode contribuir para os processos de ensino e aprendizagem [...] (BARBOSA et al, 2014, p.178).

A visita de campo possui procedimentos mediante os quais os alunos podem interagir ativamente com o meio no qual o objeto de estudo está inserido. Para sua execução, precisei conhecer os locais das visitas a fim de estimular a descoberta de conhecimentos, sua (re)construção e diagnosticar a periculosidade e os procedimentos administrativos necessários para sua concretização. Além disso, conforme Almeida e Silva (2010, p. 7), este tipo de atividade,

[...] depende de reuniões de planejamento, da organização do transporte, do conhecimento prévio do lugar e da coleta de informações prévias sobre o lugar, as quais não constam nos livros didáticos. Tais ações exigem um esforço maior do professor, quando o planejamento não é uma prática coletiva e compartilhada por várias disciplinas.

Assim sendo, criei dois protocolos de coleta de dados para que os alunos, durante as visitas, mantivessem o foco na pesquisa, evitando dispersão e mau aproveitamento dos saberes em que estavam intrínsecas as casas de forno. Um deles continha as instruções referentes à maneira como estudantes deveriam entrevistar os farinheiros; outro descrevia as orientações necessárias à investigação dos equipamentos e procedimentos das etapas da fabricação de farinha de mandioca.

Os dados recolhidos pelos alunos foram utilizados em sala de aula para atender aos objetivos específicos da pesquisa, que nos permitiram estudar

tanto as forças quanto outros temas da Física Escolar. Ademais, destaquei que “[...] a finalização de uma atividade de campo não ocorre simplesmente quando da volta deste, mas se estende ao longo do semestre através de atividades realizadas nas dependências da instituição [...]” (ALMEIDA; SILVA, 2010, p. 8). Assim, durante o período de abril a setembro, atuei com os alunos nesta intervenção pedagógica para que os saberes dos farinheiros pudessem ser vistos à luz dos conhecimentos escolares.

Com a empiria da pesquisa, avalei as informações com a finalidade de enunciar, listar e comentar os conceitos da Física Escolar (mesmo aqueles de outras áreas, que não o estudo das forças) que aparecem nos instrumentos da coleta de dados. Na seção dos resultados e discussões, ilustrei os conhecimentos dos alunos e dos farinheiros por meio dos excertos dos diários e entrevistas. Para a melhor compreensão do leitor, nomeei-os Aluno 01, Aluno 2 e assim sucessivamente. Utilizei o mesmo tratamento para os farinheiros.

Sobre a ferramenta guia de atividades, os alunos responderem às listas de questões, fizeram anotações sobre as visitas, transcreveram as enunciações dos farinheiros entrevistados e também redigiram seu diário de campo. Em relação a este material, coletei as informações que forneceram os subsídios para responder à pergunta norteadora que trata das contribuições pedagógicas dos elementos da Física Popular dos farinheiros para o ensino de força da Física Escolar.

3.2 Contexto da pesquisa

A intervenção pedagógica ocorreu no IFMA, *Campus Pinheiro*, por ser meu local de atividades profissionais e possuir infraestrutura e recursos humanos que colaboraram para a execução das atividades conforme descrevi no Apêndice A. O Termo de Anuência (APÊNDICE B) que utilizei consiste num documento em que a direção autorizou a execução da pesquisa em suas dependências, bem como a participação dos alunos e demais agentes envolvidos. Além disso, cada discente assinou o Termo de Consentimento

Livre Esclarecido - TCLE (APÊNDICE C), que discorre sobre o tema e objetivos da pesquisa e solicita o seu consentimento para a publicação dos dados coletados protegendo sua identificação.

Considerando que não atuava como professora, mas como assistente em administração, protocolei um documento explicando minha pesquisa ao IFMA, que gerou o processo 23249.015039.2015-17. Na ocasião, o certame foi enviado à Direção de Desenvolvimento do Ensino, que me autorizou a consultar os professores a respeito da turma que poderia participar do estudo. A recomendação recaiu sobre os alunos do Curso Integrado Técnico em Administração. Nessa sequência, procurei a professora titular e, após conversarmos, decidimos que a investigação ocorreria no turno oposto às aulas para não prejudicar as atividades regulares do Curso.

Ato contínuo, dirigi-me à sala de aula para convidar a turma escolhida a participar da minha pesquisa, obtendo resposta positiva. Novamente, contatei a professora titular para obter informações referentes aos temas de Física que ela estava ministrando nesse momento, os quais convergiam com o ensino de força. Assim, combinei com os alunos que o primeiro encontro seria na sexta-feira e, de forma sucinta, expus os procedimentos da pesquisa e entreguei-lhes o TCLE.

O Curso Integrado Técnico em Administração pertencia ao eixo tecnológico Gestão e Negócios, com carga horária total de 3.600 horas, distribuídas em três séries. Ele se compunha de quatorze disciplinas da base comum do Ensino Médio e treze da área de formação profissional. Cada série se constituía de dois semestres e, em média, dezoito disciplinas tanto na base comum quanto na formação profissional (BRASIL, 2012f). Sua aprovação ocorreu em 19 de setembro de 2013 (BRASIL, 2013g), conforme Resolução N° 079, contendo os seguintes objetivos:

Atender a demanda local e regional de profissionais de nível médio com habilitação em Administração;
Ampliar possibilidades de inserção no mundo do trabalho através da profissionalização em nível médio, no Eixo Tecnológico Gestão e Negócios, habilitando egressos do Ensino Médio ao exercício profissional de Técnico em Administração;

Propiciar o desenvolvimento de competências que habilite jovens e adultos exercerem as atividades profissionais inerentes ao Técnico em Administração (BRASIL, 2012f, p.5).

O referido Curso teve início em 2014 e, na época da intervenção, era composto por duas turmas para a modalidade integrada e duas para a subsequente³⁸. Inicialmente, cada uma possuía 40 alunos matriculados; porém, com o desenvolvimento das atividades, surgiu a evasão escolar, provocando a sua diminuição. Na Tabela 3, apresento o número de educandos que atuaram na pesquisa.

Tabela 3 – Situação dos alunos no curso integrado Técnico em Administração

Sexo	Quantidade de alunos (as) do curso Técnico em Administração			Participantes da pesquisa
	Matriculados	Evadidos	Cursando	
Feminino	22	09	13	10
Masculino	18	06	12	09
Total	40	15	25	19

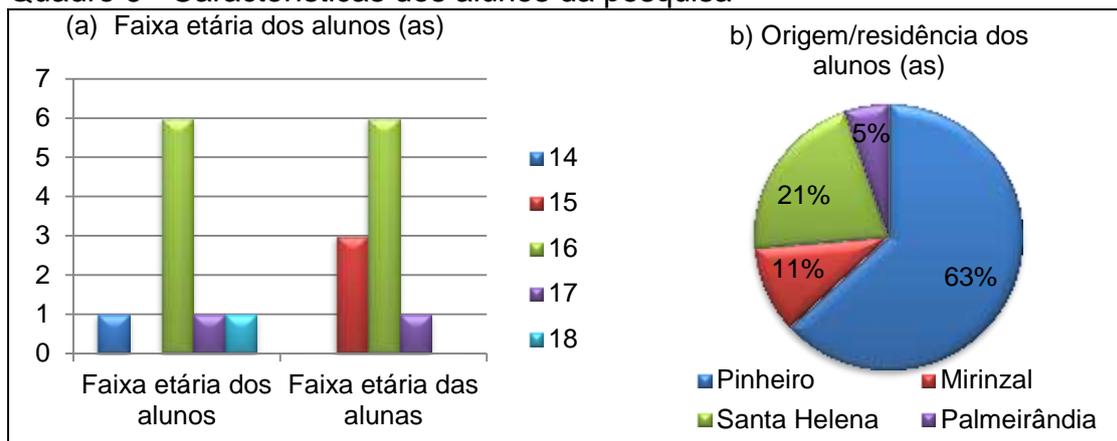
Fonte: Adaptado pela autora de Q-Acadêmico (2015)³⁹

A faixa etária dos alunos variava de 14 a 18 anos e eram oriundos de Pinheiro, Mirinzal, Santa Helena e Palmeirândia conforme descrevi no Quadro 7. A diferença de idade me permite afirmar, assim como Prudente (2013b, p. 143), que eles tinham “[...] capacidade de abstração sem a necessidade de vivência concreta; raciocínio hipotético-dedutivo; distinção entre o real e o possível; e levantamento de pontos de vista divergentes sobre um mesmo assunto [...]”. Observei tais características ao ler os seus diários de campo e, mediante a discussão dos saberes dos farinhaeiros e suas relações com a Física Escolar, identifiquei suas maneiras peculiares de expressão - tanto orais quanto escritas -, os modos de pensar, agir, e ver a cultura de fabricação de farinha.

³⁸ O curso subsequente é uma modalidade direcionada aos alunos que já concluíram o Ensino Médio e cursam somente o Ensino Técnico.

³⁹ Q-Acadêmico *Web*, versão 2.0: módulo *Web-professor*. Qualidata soluções em informática, 2005. *Software* de controle acadêmico do IFMA. Disponível em: < <https://qacad.ifma.edu.br/>>. Acesso em 09 de jun. de 2015.

Quadro 6 - Características dos alunos da pesquisa



Fonte: Adaptado pela autora dos Guias de Atividades dos Alunos (2015)

Ainda sobre as origens dos alunos, em sala de aula, eles comentavam sobre as casas de forno que havia na sua região, discutiam as semelhanças e diferenças dos modos e utensílios usados pelos farinhaeiros. Ademais, alguns indicaram os locais para visita, mas pelo fato de a pesquisa ter ocorrido no período chuvoso e, conseqüentemente, as estradas conterem muitos buracos e as pontes de madeira oferecerem perigo, decidi realizar as visitas de campo somente em Pinheiro conforme detalhei na intervenção pedagógica. Além das características da turma, descrevi as dos farinhaeiros, sendo que, na Tabela 4, exponho o quantitativo de pessoas envolvido nas atividades nas casas de forno nos dias em que foram realizadas as visitas de campo.

Tabela 4 - Quantitativo de farinhaeiros nas casas de forno

Casa de forno		Sexo	
Tipo	Local	Masculino	Feminino
Artesanal	Pedrinhas das Fugarças	4	2
Industrial	Bacabal	2	1
Artesanal	São Marcos	20	8

Fonte: Adaptados pela autora das visitas de campo (2015)

Como se pode observar na Tabela 4, os farinhaeiros eram, predominantemente, homens; as mulheres, embora soubessem produzir farinha, por exigir “menos força”, suas tarefas na casa de forno envolviam a descascagem e ventejamento, já que, segundo alguns farinhaeiros, “fazer

farinha é coisa de homem”. A mulher, na casa de forno, como relata Anacleto (2007, p. 57), “[...] ainda tem seus papéis sociais limitados. Muitas tarefas ainda lhe são negadas, o que contribui e se justifica para uma continuidade machista e uma visão patriarcal no âmbito familiar [...]”.

Contudo, elas continuavam na atividade, lutando por reconhecimento, tendo em vista que também eram responsáveis pela educação dos filhos, recursos financeiros e materiais de suas casas. Ao contrário de Anacleto (2007), que se deparou com a resistência dos homens e dos jovens em explicar como ocorria a lavoura de arroz, eu, como pesquisadora, obtive atenção e muitas explicações do grupo. Os jovens eram minoria nas casas de forno, mas se mostravam empenhados na realização das tarefas e dispostos a ensiná-las aos alunos.

Na Tabela 5, apresento uma breve descrição dos farinheiros que foram citados nesta pesquisa, mas, conforme observado na Tabela 4, houve mais pessoas na empiria da pesquisa. Justifico a utilização dos saberes de nove deles por ter observado, em suas enunciações, elementos aproximados dos saberes escolares que discuto em cada seção deste trabalho.

Tabela 5 - Características dos farinhaeiros citados na pesquisa

Nome	Idade	Escolaridade	Sabe fazer	Tempo na atividade	Com quem Aprendeu	Quem Ensinou
Farinheiro 1	41 anos	Ensino Superior completo	Farinha d'água farinha seca/mimosa, farinha biriba, e farinha com coco.	27 anos	Pai	Amigos e familiares
Farinheiro 2	47 anos	Estudou até 6ª série do Ensino Fundamental	Farinha seca e d'água	35 anos	Pai	Filhos e amigos
Farinheiro 3	60 anos	Ensino Médio completo	Farinha seca e d'água	50 anos	Pai	Filhos
Farinheiro 4	70 anos	Ensino Fundamental incompleto	Farinhas: seca, d'água e com coco babaçu	60 anos	Pai	Filhos e amigos
Farinheiro 5	50 anos	Ensino Fundamental incompleto	Farinha seca e d'água	40 anos	Pai	Filhos
Farinheiro 6	78 anos	Estudou até a 1ª série do Ensino Fundamental	Farinha seca e d'água	66 anos	Pai	Filhos
Farinheira 7	76 anos	Não frequentou a escola	Farinhas: seca, d'água e com coco babaçu	61 anos	Marido	Filhos
Farinheira 8	56 anos	Estudou até a 2ª série do Ensino Fundamental	Farinha d'água	46 anos	Pais	Filhos
Farinheiro 9	52 anos	Ensino Fundamental incompleto	Farinha seca e d'água	40 anos	Pai	Filhos e amigos

Fonte: Adaptado pela autora dos Guias de Atividades dos Alunos (2015)⁴⁰

Os dados da Tabela 5 comprovam que a arte de farinhaeiro passava/passa de geração a geração, ou seja, os pais ensinavam/ensinam aos filhos e estes vêm perpetuando o conhecimento, pois, conforme a Farinheira 8, ensinou “[...] *seus filhos, porque é necessário a ajuda de outras pessoas, então é necessário passar a aprendizagem para outras pessoas [...]*” (GUIA DE ATIVIDADE DO ALUNO 06, OBSERVAÇÃO 29/05/2015). Tais declarações

⁴⁰ Nesta pesquisa, emprego o termo “farinheira” para representar o feminino de farinhaeiro. A palavra não está relacionada ao utensílio usado para guardar farinha. Ressalto que alguns farinhaeiros não lembram até que séries estudaram, por isso a frase “Ensino Fundamental incompleto”.

são ratificadas pelo Farinheiro 6, quando afirma que “[...] a gente ensina o que sabe[...]” (GUIA DE ATIVIDADE DO ALUNO 12, OBSERVAÇÃO 29/05/2015).

Além disso, com o tempo, as pessoas adquirem maturidade e um saber que estabelecem um elo entre o passado e o presente. Nesse sentido, Chassot (2008, p. 11) afirma que “[...] valorizar as gerações que vivem a maturidade e detêm saberes que estão sob risco de extinção é sempre significativo e isso ocorre com atividades que buscam ligações com o passado próximo e remoto [...]”.

Diante do exposto, considero que as peculiaridades dos alunos se associavam aos saberes dos farinheiros. O fato me reporta à Prudente (2010 a), pois, segundo ela, é uma forma de mediar a construção de novos saberes a partir de conhecimentos já consolidados. Assim, realizei a intervenção pedagógica em oito encontros em sala de aula e duas visitas de campo às casas de forno, que descrevo na sequência deste trabalho.

3.3 Intervenções pedagógica

Na experiência social dos alunos ligados à fabricação de farinha e aos saberes alicerçados à sua prática, percebi alguns elementos que foram contextualizados com o ensino da Física Escolar. Assim, organizei os encontros de modo a atingir cada um dos objetivos específicos, que forneceram os subsídios para responder à questão norteadora. Com a intervenção, analisei as contribuições pedagógicas dos elementos da Física Popular dos farinheiros para o ensino de força da Física Escolar, conforme Quadro 7, e, na sequência, apresento o detalhamento sucinto dos encontros.

Quadro 7 – Descrição das atividades da intervenção pedagógica

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	Nº	ATIVIDADE	COLETA DE DADOS
Operar com os conceitos e tipos de força da Física Escolar.	01	Apresentação da pesquisa; Entrega/assinatura do TCLE; Guia das atividades.	TCLE; Diário de campo.
	02	Discussão sobre interação entre os corpos e força.	Gravação do áudio do encontro; Diário de campo.
	03	Discussão sobre as forças: peso, normal, atrito e tração.	Gravação do áudio do encontro; Diário de campo.
Identificar como ocorre o processo de fabricação da farinha de mandioca mediante saber popular dos farinheiros e dos alunos.	04	Visita de campo para que os alunos conheçam as casas de forno e entrevistem os farinheiros.	Gravação do áudio do encontro; Entrevista aberta (APÊNDICE D); Diário de campo.
	05	Visita de campo para acompanhar o processo de fabricação da farinha.	Roteiro (APÊNDICE E); Registro fotográfico e Gravação do áudio do encontro; Diário de campo.
Descrever os elementos da Física Popular do processo de fabricação da farinha que estão contextualizados com a Física Escolar.	06	Discussão em sala de aula sobre os dados coletados sobre a fabricação de farinha.	Apresentação de cartazes sobre a fabricação de farinha de mandioca; Gravação do áudio do encontro; Diário de campo.
	07	Física Escolar e Física Popular na fabricação da farinha.	Gravação do áudio do encontro; Diário de campo.
	08		
	09		
10	Avaliação da intervenção pedagógica.	Entrevista aberta (APÊNDICE F); Gravação do áudio do encontro; Diário de campo.	

Fonte: A autora

Encontro 01 – Apresentação da proposta de intervenção

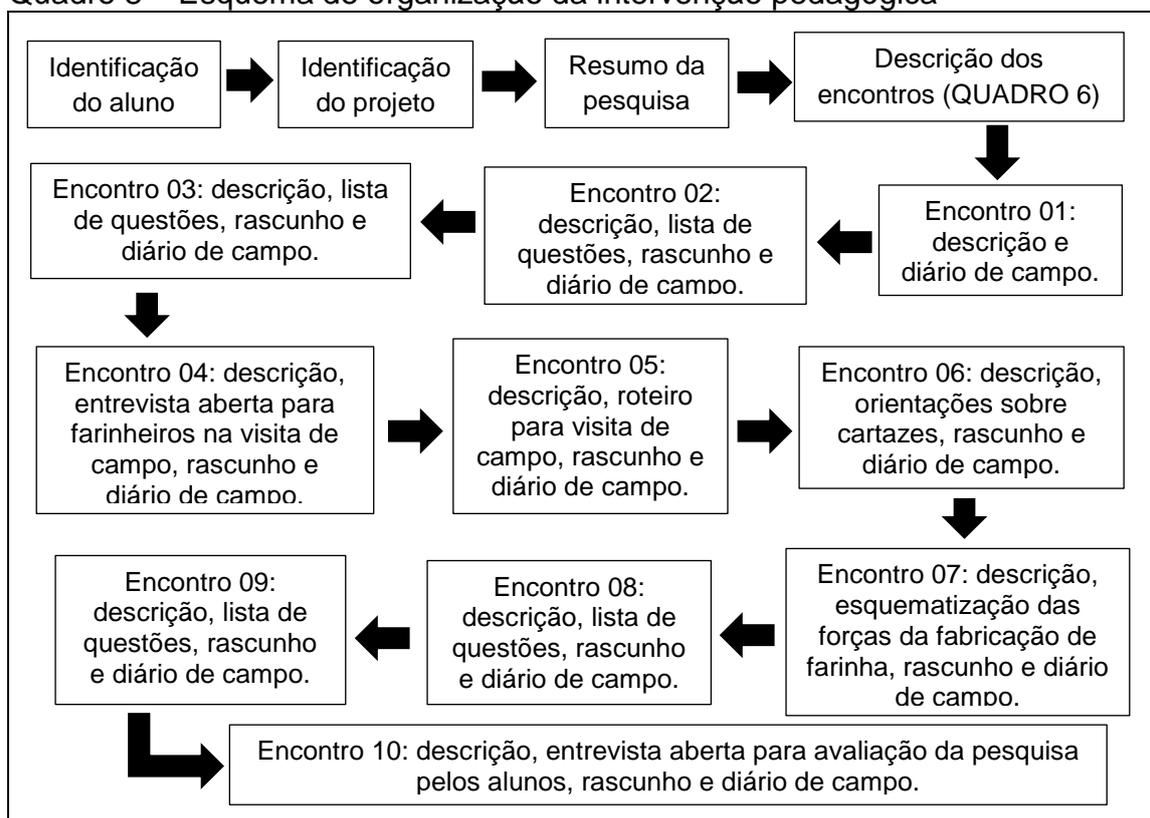
Após o convite, realizei o primeiro encontro na sala de vídeo do IFMA, *Campus* Pinheiro, quando se fizeram presentes doze alunos (seis meninos e seis meninas). Nesse seguimento, apresentei o projeto, as minhas motivações para pesquisar o tema, detalhei as atividades e recebi o TCLE. Além disso, combinamos que os encontros seriam às sextas-feiras, das 9 às 11 horas.

Inicialmente, expliquei à turma o Guia de Atividades, Quadro 7, contendo a descrição das atividades propostas para cada encontro. Além disso, foi destinado um espaço ao diário de campo, às listas de questões, às entrevistas

dos alunos com os farinheiros, aos roteiros para a condução da visita, buscando orientá-los na coleta de dados nas casas de forno.

Nesse encontro, solicitei aos alunos que escrevessem seu primeiro diário, onde informariam a idade, a origem e as motivações para participar da intervenção pedagógica. Contudo, percebi que alguns tinham dúvidas quanto à sua construção, ao que deveria ser escrito, à quantidade de linhas, entre outras. Diante disso, expliquei-lhes o que seria esta ferramenta e como fazer as anotações. Nesse momento, surpreendi-me com o interesse demonstrado pela turma, que, imediatamente, iniciou a indicação dos locais das visitas de campo.

Quadro 8 – Esquema de organização da intervenção pedagógica



Fonte: A autora

Encontro 02 – Interação entre os corpos e força

Ao iniciar o encontro, expus novamente o projeto à turma, já que havia novos integrantes, e lhe entreguei os Guias. Aliados a isso, esclareci o que é

“interação entre corpos” e solicitei que respondesse à Lista de Questões 1 (QUADRO 9). Com esta, meu propósito era investigar as concepções intuitivas dos alunos acerca das interações entre os corpos e como elas podem resultar em uma força.

Quadro 9 – Lista de questões sobre interação entre os corpos

Lista de Questões 01
1) Como ocorrem as interações entre os corpos?
2) Quais os efeitos das interações entre os corpos?
3) Você é capaz de interagir com um corpo que está longe? Como?
4) Enquanto você está em sala de aula, qual(is) interação(ões) ocorre(m) que resulta(m) em força(s)?
5) O desenho animado <i>He Man</i> eternizou a frase “Pelos poderes de Grayskull, eu tenho a força”. Existe(m) alguma(s) força(s) atuando no He Man para ratificar sua frase? Justifique sua resposta.
6) Analise o poema abaixo, buscando os possíveis corpos que, ao interagirem, resultam em forças e discriminem o tipo de força (campo ou contato). Não há quem resista à força de uma paixão, que se esquece do ar quando cai em seus braços, que esquece do tempo quando está com você, que se prende, que se estica simplesmente para estar ao seu lado... Estando no limite da paixão, mas sempre numa velocidade que pode para o mundo se você pedir... (A autora) ⁴¹

Fonte: A autora

Em consonância com as respostas dos alunos, discutimos as definições de interações entre os corpos e a força da Física Escolar. Para complementar estas explanações, utilizei dois experimentos visando reforçar o significado de força como interação. Para Brigagão, Souza e Lopes (2013, p. 54), a utilização de práticas experimentais em conjunto com a teoria, “[...] implica em um fortalecimento dos supostos conceituais, promovendo uma aprendizagem significativa de relevância [...]”.

O primeiro experimento (ANEXO A) tratou da construção da bússola de copo d’água para demonstração da interação do campo magnético da Terra com a bússola. A segunda experiência (ANEXO B) foi um foguete de balão, cujo objetivo era demonstrar que a sua decolagem é possível quando as forças de gravidade e de resistência do ar são superadas, bem como perceber que o seu movimento ocorre na mesma direção, mas em sentidos opostos. No experimento, empreguei o método POE (Previsão – Observação – Explicação),

⁴¹ A poesia é recurso didático que utilizo, sempre que possível, em sala de aula, para promover discussões entre os alunos sobre um conteúdo da Física Escolar ou da Matemática.

que consiste na leitura do roteiro realizada pelo professor para que os alunos possam prever o que acontecerá. Na sequência, é realizada a prática, constatando-se, assim, se a previsão e a observação foram similares ou diferentes para que seja feita a explicação do fenômeno observado.

Encontro 03 – Forças: peso, normal, atrito e tração

No primeiro encontro, havíamos combinado que o horário das atividades seria das 9 às 11 horas; porém, os alunos compareceram vinte minutos depois. Com o atraso, senti-me frustrada; além disso, apenas cinco estavam dispostos a participar nesse dia. Os demais, embora estivessem na escola, precisavam concluir um trabalho que seria apresentado à tarde. O número reduzido de estudantes foi desmotivador; mas, no turno vespertino, dirigi-me à sala de aula e ratifiquei o convite para a pesquisa. Na semana seguinte, a presença foi maior, motivo pelo qual repeti as atividades realizadas no encontro anterior para que todos pudessem acompanhá-las.

Assim, iniciei o encontro abordando a força de campo peso e as de contato normal, força de atrito e tração. Nesse seguimento, citei os conceitos e os exemplifiquei com situações do cotidiano; discuti, com a turma, as diferenças entre massa e peso, atrito estático e atrito cinético. Ademais, usei o experimento “Percebendo as forças nas interações dos materiais” (ANEXO C) para contextualizar os tipos de forças. A utilização dos experimentos nos primeiros encontros serviu para despertar o interesse dos alunos e estimular sua curiosidade na busca por conhecimento. Por fim, visando introduzir a cultura dos farinheiros em sala de aula, questionei-os sobre os tipos de farinhas que conheciam e como era sua fabricação.

Encontro 04 – Visita de campo à casa de forno para entrevistar os farinheiros

A priori, os alunos deveriam entrevistar um farinheiro da sua família, cujos dados seriam discutidos em sala de aula. Mas percebi que isso não seria uma boa estratégia, pois, na visita de campo, eles podem “[...] entender a comunidade através do ponto de vista de seus membros, e descobrir as interpretações que eles dão aos acontecimentos que os cercam [...]” (NEVES,

2006, p. 4). É importante frisar que, inicialmente, havia planejado determinar o local da visita no final de semana de 23 e 24 de maio de 2015, pois pretendia levar os alunos à casa onde havia estado para fazer o projeto de pesquisa, ou seja, em Macapazinho. Meus planos não se concretizaram em consequência das fortes chuvas. Com a melhora do tempo, na quinta e na sexta-feira, foi possível agendar as visitas às casas de forno mais próximas.

Assim, os alunos realizaram uma visita de campo a duas casas de forno, localizadas na zona rural de Pinheiro (MA), no bairro Pedrinhas das Fugarças, próximo ao IFMA. Para entrevistar os farinheiros, utilizaram um questionário aberto (APÊNDICE D).

Na entrada do IFMA, reuni a turma e expliquei-lhe o motivo da visita de campo e passei-lhe informações a respeito do lugar e pessoas que lá trabalhavam. O ônibus oficial da Instituição nos conduziu até o local, o que deixou os alunos eufóricos, já que nunca haviam viajado nesse meio de transporte. Cabe informar que a existência de um buraco impediu nossa entrada na rua onde se encontrava a casa de forno, motivo pelo qual desembarcamos, aproximadamente, 500 metros antes da chegada e andamos a pé. Após um breve descanso, iniciamos a exploração do espaço.

Na primeira casa de forno, além do Farinheiro 7, proprietário, encontravam-se três trabalhadores. Para entrevistá-los, os alunos se dividiram em grupos de três componentes. Com o propósito de facilitar a compreensão dos questionados e obter melhores respostas, eles substituíram algumas palavras que compunham as perguntas, que ultrapassaram o roteiro. Aliás, reclamaram sobre o pouco tempo reservado aos diálogos, pois desejavam colher mais informações.

Ao conhecer o proprietário da segunda casa de forno, Farinheiro 4, descobri que sua família era dona da Região de Pedrinhas das Fugarças e que havia vendido vários terrenos, inclusive aquele em que residia o Farinheiro 7. Pela aparência da casa e do local, ficou difícil imaginar que ele possuía uma

casa de forno, um juçaral⁴², um açude e uma “floresta” que se assemelhavam a um parque botânico. Homem paciente, entusiasmadamente, demonstrou aos alunos como funcionavam alguns equipamentos. Ele os conduziu até o rio onde se encontrava o pubeiro amolecendo a mandioca havia quatro dias, que ainda continuava dura. Segundo o profissional, apesar do grande conhecimento que possuía sobre a arte de farinheiro e do prazer que sentia em explicá-la, as novas gerações não demonstravam interesse em conhecê-la, o que dificultava a propagação desse saber.

Encontro 05 – Visita de campo para acompanhar a fabricação de farinha

No Encontro 04, a Aluna 10 informara que seu pai fazia parte da comunidade São Marcos na qual possuía uma casa de forno; logo, um local em que poderíamos realizar uma visita de campo para observar o processo de fabricação da farinha. Porém, ao organizá-la com os alunos, deparei-me com um problema: o ônibus do IFMA estragara quando voltava de Codó (MA), e, assim, fui à procura de outro veículo. Ato contínuo, contatei a Instituição e, embora seus funcionários estivessem em greve, disponibilizaram-nos um micro-ônibus que nos conduziu ao local. Nele, os alunos pesquisaram os materiais, os equipamentos e os procedimentos de cada etapa da fabricação de farinha conforme as orientações contidas no roteiro (APÊNDICE E).

Ao chegar à casa de forno, vimos um “mutirão” descascando a mandioca, haja vista a casa pertencer à comunidade. No local, as pessoas se reuniam para realizar as atividades do processamento. Enquanto uns a descascavam, outros retiravam do tanque a que estava amolecida. Havia também equipes que se dedicavam à prensagem e torração; entretanto, para triturá-la e peneirá-la, era necessária uma pessoa específica.

Por sua vez, o Farinheiro 03 explicou aos alunos o processo afirmando que “*começamos pela descascagem, o amolecimento e prensagem...*”. Quanto à última, a turma a comparou com as encontradas nas casas anteriormente visitadas. Nesse seguimento, exploramos a casa de forno propriamente dita e,

⁴² Juçaral é nome da plantação de juçaras, uma palmeira cujo fruto tem uma cor roxa que   utilizada para a fabrica o de alimentos e bebidas.

posteriormente, a pé, dirigimo-nos à plantação de mandioca, o que nos proporcionou uma bela caminhada e uma vista maravilhosa da Região.

A jornada nos permitiu avistar a mata verde e os morros, cujo potencial turístico mereceu comentários dos alunos. Além disso, deparamo-nos com árvores das quais eu desconhecia os nomes, a não ser a “berruga da mandioca”, assim denominada e conhecida pelos habitantes locais. Nesse momento, a turma reclamou da ausência do professor de Biologia, que poderia esclarecer o motivo pelo qual a raiz da mandioca, usada para a fabricação de farinha, não é fruto, tampouco usada para muda. O fato revela o potencial da visita para promover a interdisciplinaridade da Física, Biologia e Matemática. Cabe destacar que a turma ficou com dúvidas sobre as metragens e quilogramas utilizados pelos farinheiros.

O Farinheiro 07 sugeriu que os alunos conhecessem as casas de forno de Bacabal, pois estas eram industriais e possuíam um maquinário mais moderno. Ao questionar o motorista sobre a possibilidade de ele realizar o traslado, já que este não estava nos planos, obtive uma resposta positiva. Assim, conhecemos a casa de forno da referida comunidade onde apenas o processo de descascagem era manual, sendo industriais os demais procedimentos.

Encontro 06 – Discussão sobre as visitas de campo

Com o estudo de força da Física Escolar de um lado, e os saberes da fabricação de farinha de mandioca de outro, iniciamos o processo de construção de uma “ponte do conhecimento”. Para isso, os alunos tabularam e organizaram os dados coletados durante a visita de campo e os questionários prévios sobre a fabricação de farinha. Solicitei-lhes que também produzissem cartazes e os anexassem à parede. Quando todos acabaram, começamos a discutir as informações apresentadas.

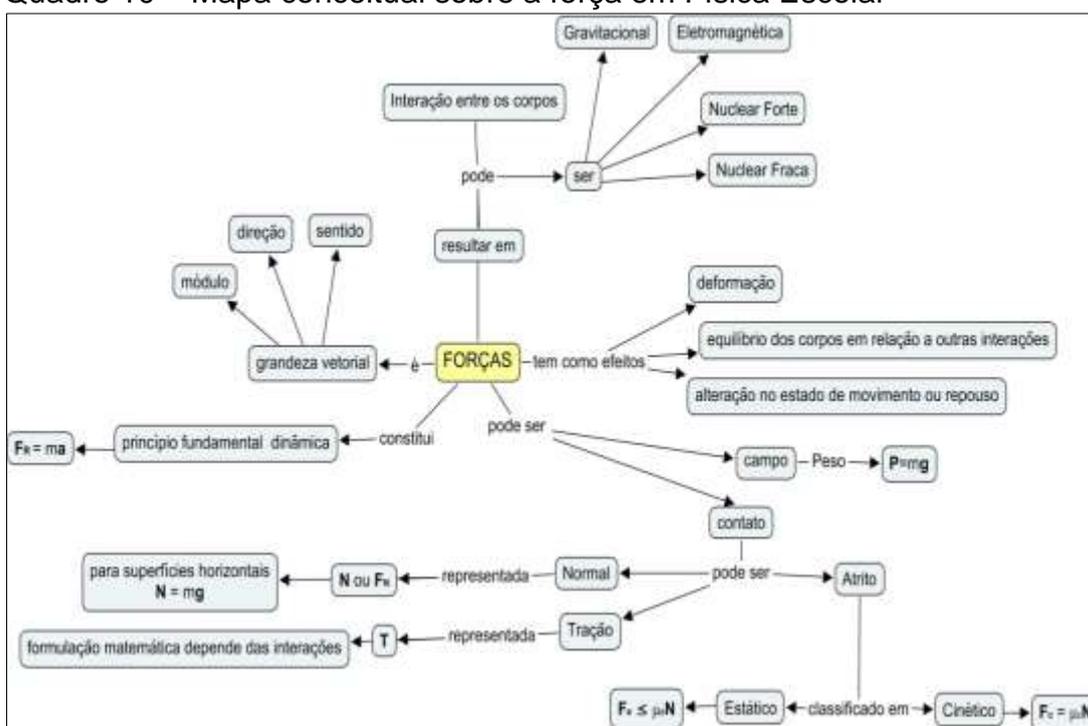
Iniciamos o debate abordando os conhecimentos prévios dos alunos sobre a fabricação de farinha de mandioca, processo que alguns já conheciam por serem filhos de farinheiros. Na sequência, discutimos os dados coletados nas visitas de campo referentes às entrevistas e as aliamos com a observação

empírica, o que gerou comentários e opiniões bastante significativas sobre o que presenciaram e ouviram. Ademais, o fato de compararem os equipamentos e depoimentos dos farinheiros demonstra a ocorrência de novos saberes.

Encontro 07 – Elementos da Física Popular inseridos na Física Escolar

O intervalo de tempo entre os Encontros 06 e 07 foi bastante extenso em virtude do início das férias escolares. Além do mais, alguns estudantes residiam em outros municípios, o que inviabilizou a continuidade da pesquisa nesse período. Assim, no reinício das aulas, necessitei resgatar, sucintamente, os tipos de forças e a fabricação da farinha. Para isso, utilizei um mapa conceitual (QUADRO 10), momento em que constatei que os alunos não estavam familiarizados com o instrumento. Segundo alguns, poderia ser um tipo de fluxograma, o que me levou a explicar-lhes novamente este recurso e, em seguida, continuar a revisão. Para a fabricação de farinha, assistimos a um vídeo de minha produção com base nos registros fotográficos e discussões em sala de aula sobre os saberes dos farinheiros.

Quadro 10 – Mapa conceitual sobre a força em Física Escolar



Fonte: Adaptado pela autora de Resnick, Halliday e Krane (2003)

Mediante as atividades realizadas nos encontros, organizei o Apêndice I para descrever os equipamentos da fabricação de farinha, bem como construí um glossário com as expressões regionais. Ambos os instrumentos de pesquisa foram importantes para a compreensão do fenômeno estudado. A partir das discussões realizadas no Encontro 06, solicitei aos alunos o preenchimento de uma tabela que tratava da esquematização das forças da fabricação de farinha, Quadro 11, a fim de elencar a (s) força(s) e esquematizar seu efeito, interação e tipo.

Quadro 11 – Esquema das forças da fabricação de farinha de mandioca

Atividade realizada pelo farinheiro			Força	
Objeto	Alteração no movimento	Objeto(s) na(s) vizinhança(s)	Interação	Tipo(s)
Peneiramento	Os grãos caem na gamela	Peneira, gamela, Terra.	Gravitacional	Peso

Fonte: Adaptado pela autora de Resnick, Halliday e Krane (2003)

Encontro 08 – Elementos da Física Popular inseridos na Física Escolar

Por meio de um questionário, Apêndice F, instiguei os alunos a contextualizarem a Física Popular dos farinheiros com a Física Escolar. As perguntas continham as situações do ofício dos farinheiros a fim de abordar os conceitos intrínsecos de força, contando com a hipótese de terem passado despercebidos durante as discussões anteriores.

Encontro 09 – As forças da Física Escolar nos livros didáticos

Nesse encontro, primeiramente, apliquei o questionário do Apêndice G, elaborado a partir do conceito de livros didáticos de Física do Ensino Médio, com perguntas similares às situações da cultura e saberes dos farinheiros. O instrumento me permitiu verificar se os alunos aprenderam sobre força observando as etapas da fabricação de farinha. Em caso afirmativo, seriam capazes de identificar, nos exemplos dos livros, as situações condizentes e/ou alheias à sua realidade.

Encontro 10 – Avaliação da pesquisa pelos alunos

A avaliação da intervenção pedagógica ocorreu por meio de uma entrevista aberta (Apêndice H), na qual investiguei a perspectiva dos alunos quanto à pesquisa; a mim, como pesquisadora; à organização das aulas; às visitas de campo e ao desempenho do aluno (a). Em cada item, questionei a temática para que pudessem expressar suas opiniões por escrito ou verbalmente.

4 COMPREENSÕES DA FÍSICA ESCOLAR A PARTIR DOS CONHECIMENTOS DA FÍSICA POPULAR

“[...] É função da escola valorizar também o saber popular, o saber local, próprio da comunidade onde a escola está inserida [...]” (VENQUIARUTO et al., 2011, p. 135).

Nesta seção, exponho os resultados e as discussões pertinentes à intervenção, por meio dos quais analisei as contribuições pedagógicas dos elementos da Física Popular dos farinheiros para o ensino de força da Física Escolar. As avaliações estão divididas em duas unidades que discorrem sobre: a) os diferentes saberes da etnofísica na perspectiva dos farinheiros; b) os diferentes saberes da etnofísica na perspectiva dos alunos.

Os dados para apreciação foram obtidos durante as atividades em sala de aula no IFMA, *Campus* Pinheiro, e as visitas de campo nas casas de forno dos Municípios de Pedrinhas das Fugarças, São Marcos e Bacabal. Minha opção pela diversificação dos locais de pesquisa teve o propósito de possibilitar aos alunos a integração e diferenciação dos saberes dos farinheiros em cada um desses ambientes.

Cumprer destacar que, nesta pesquisa, cito outros conhecimentos dos farinheiros que podem ser relacionados aos estudos de termodinâmica, separação de misturas, física dos fluidos, entre outros. Ademais, são possíveis de serem percebidos na Química, Geografia, Botânica, já que contêm elementos que nos conduzem a essas áreas, bem como possibilitam um estudo conectado a várias disciplinas.

4.1 Diferentes saberes da etnofísica: a perspectiva dos farinhaeiros

Nesta subseção, descrevo como ocorria o processo de fabricação de farinha de mandioca mediante os saberes dos farinhaeiros e dos alunos a partir dos dados coletados por meio de diário de campo, transcrição do áudio dos encontros e material escrito nos guias de atividades. Primeiramente, exponho as concepções discentes referentes à fabricação de farinha, ressaltando que obtive apenas respostas aproximadas dos relatos dos farinhaeiros, conforme pode ser observado no Capítulo 1, Quadro 1, já que eles indicaram as etapas de descascamento, amolecimento, prensagem, sovagem e torração.

Aluno 04: [...] eles tiram a casca da mandioca, depois deterioram-na, e tiram o excesso de água existente na farinha e colocaram-na no forno.(sic)

Aluna 10: O processo vai desde colocar a mandioca na água pra amolecer, e após é ralada e retirada o excesso de água em seguida é levada para o forno.

Aluno 15: Descascada, colocada de molho e depois ralada, prensada e levada ao forno (GUIA DE ATIVIDADES DOS ALUNOS, OBSERVAÇÃO EM 22/05/2015).

Ao analisar os diários de campo dos alunos, constatei que, após acompanharem o processo da fabricação de farinha, eles concederam um novo significado aos seus conhecimentos, além de os reconstruírem. Pude comprovar tal fato pelas suas declarações e procedimentos aplicados pelos farinhaeiros. Os fragmentos que seguem demonstram a existência de modificações nas formas de relatar a fabricação:

Aluno 04: Neste encontro, realizamos uma visita à casa de farinha onde observamos que a farinha pode ser feita de forma artesanal e industrial. Nas casas visitadas, observamos que são utilizados alguns equipamentos, que facilitam na produção de farinha. A mandioca é colocada em um tanque sem a casca, depois retirado o excesso de água. Após isso, é colocada em uma trituradora, peneirada e colocada no forno, retira-se do forno e coloca-se no saco. Na visita, observamos também que se utiliza um forno industrial e outro artesanal [...].

Aluna 10: O encontro de hoje foi bem interessante, pois apenas conhecia a casa de farinha manual e hoje conheci a mecânica. No lugar onde colocam a mandioca de molho, que era no rio, agora é em tanques, antes no tipiti, agora é na prensa, e onde era ralada, agora tem a máquina pra fazer a farinha para ralar. Eu sempre gostei de

participar da feição da farinha, pois sou do interior de Pinheiro e só conhecia, como já disse a manual, e, chegando no local onde fomos, eu ajudei a descascar a mandioca e foi muito bom me envolver com eles [...].

Aluno 15: A casa de forno que fomos bem recebidos, onde as pessoas ainda estavam no processo de descascar a mandioca, e, logo após, foram colocadas de molho, onde é peneirada e foi colocada no forno onde passou mais ou menos 1h sendo torrada e logo depois fica esfriando. Enquanto esfriava, eles passavam manteiga no local que eles as torram e depois é ensacada para vender, e antes degustamos da mesma [...] (DIÁRIO DE CAMPO DOS ALUNOS, OBSERVAÇÃO EM 19/06/2015).

Cumprir relatar que escolhi esses excertos com o objetivo de elencar as etapas que constituem a fabricação de farinha, uma vez que baseei a pesquisa nos saberes desta prática. Em vista disso, precisei descobrir de quais saberes os alunos dispunham e as relações que eles estabeleceriam após o contato direto com essa cultura.

Apesar de o consumo da farinha fazer parte de nossa cultura, a sua fabricação não tem sido comum a todos os alunos. Assim, na investigação, propiciei aos que a conheciam, bem como aos que ignoravam, momentos de reflexão, apropriação de saberes e contextualização com a Física Escolar e, posteriormente, a iniciação do debate sobre as perspectivas da fabricação segundo os farinheiros.

O processo de fabricação da farinha iniciava após a plantação, colheita e transporte da mandioca para a casa do forno, onde era descascada. É importante ressaltar que não havia entre os farinheiros um consenso sobre descascar para amolece ou amolecer para descascar. O Farinheiro 2 declarou que *“eu boto de molho até amolecer por três dias no pubeiro ou poção, antigamente era no rio. Depois passa um dia descansando e no outro dia descasco a mandioca”* (ENTREVISTA EM 13/02/2015). Já o Farinheiro 3 relatou que *“aqui a gente descasca a mandioca e depois coloca no tanque de molho, aí fica lá uns três ou quatro dias”* (ENTREVISTA EM 19/06/2015).

Independente do momento, a descascagem era realizada por meio da utilização de uma faca para retirar as cascas e facilitar o puxamento, que também ocorria mediante o uso das mãos. Porém, dependendo da qualidade da mandioca, a casca oferecia maior ou menor resistência ao ser despreendida

da polpa, podendo remeter à força de atrito. Descascada, sofria o processo de amolecimento, etapa em que permanecia num tanque ou pubeiro como demonstra a Figura 3.

Figura 3 – Locais para amolecimento da mandioca



Fonte: Registro fotográfico da visita de campo (OBSERVAÇÃO EM 29/05/2015)

Contudo, havia farinheiros que faziam o pubeiro no rio, de forma que este ficasse em local de fácil acesso, com um nível de água alto o suficiente para encobrir toda a mandioca. Nesta construção, conforme Souza (2013), os farinheiros utilizavam conhecimentos de hidrostática. Entre eles, destacava-se a vazão, referente à quantidade de volume do fluido que passava por meio de uma secção transversal num determinado intervalo de tempo. O farinheiro construía o pubeiro num demarcado ponto do rio, em que a vazão era maior para que a mandioca se mantivesse submersa na água e ocorresse o processo de amolecimento. Nesse caso, para construir o pubeiro, ilustrado na Figura 3(b), faziam-se necessários pedaços de madeiras sobrepostos no formato retangular, acrescidos de folhas de babaçu⁴³.

⁴³ O babaçu é uma palmeira típica das Regiões Norte e Nordeste do Brasil, cujo fruto é denominado coco.

A mandioca amolecida era transportada para uma prensa que realizava a sua compactação para facilitar o processo de sovagem, ilustrado na Figura 4. Este só foi observado na casa de forno de São Marcos; nos demais lugares visitados, os farinhaes costumavam realizá-lo após a etapa de sovagem. Segundo o Farinheiro 3, o seu funcionamento ocorria quando se *“pendura um fio aqui no rolo, vai torcendo pra empurrar a tábua aqui que vai apertando o cofo de mandioca. Aí vai moendo a mandioca pra poder sovar⁴⁴ no catitu”* (TRANSCRIÇÃO DO ÁUDIO DO ENCONTRO 05, OBSERVAÇÃO EM 19/06/2015).

Figura 4 – Compactação da mandioca na prensa



Fonte: Registro fotográfico de visita de campo (OBSERVAÇÃO EM 19/06/2015)

Compactada a mandioca, partia-se para a sovagem, que, inicialmente, era realizada por meio de um rolo e, posteriormente, do catitu. Embora o equipamento possuísse um motor, era necessário que o farinhaes empurrasse a mandioca com as mãos em direção ao “rolo”, que tinha pequenas pontas que faziam a trituração. O perigo, também observado pelos alunos, de as mãos também serem trituradas era grande e, segundo o Farinheiro 5, *“[...] a gente vai empurrando com essa tamboeira⁴⁵ aqui e aí protege a mão de não pegar no rolo [...]”* (TRANSCRIÇÃO DO ÁUDIO DO ENCONTRO 05, OBSERVAÇÃO EM

⁴⁴ O termo sovar ou sovagem diz respeito ao processo de amassar a mandioca no catitu (triturador).

⁴⁵ A tamboeira é uma espiga seca e sem milho.

19/06/2015). A Figura 5 ilustra o processo de trituração da mandioca tanto na casa de forno artesanal quanto na industrial.

Figura 5 – Equipamento para trituração da mandioca



Fonte: Registro fotográfico de visita de campo (OBSERVAÇÃO EM 19/06/2015)

Nos dois tipos de trituração, é possível observar o uso de polias acopladas por uma correia, sobre a qual o Farinheiro 5 afirmou que “[...] *um moitão gira o rolo que vai moendo a mandioca quando a gente liga o motor aqui [...]*” (TRANSCRIÇÃO DO ÁUDIO DO ENCONTRO 05, OBSERVAÇÃO EM 19/06/2015). Nesse caso, conforme Silva e Costa (2012), é utilizada uma polia motora ou condutora cuja função é a de transmitir movimento e força, sendo que a correia é responsável pela transmissão do movimento de rotação entre os dois eixos conectados pela polia primária, que recebe o torque do motor, e a secundária, que transfere energia ao “rolo”. O torque da barra é responsável pelo movimento de rotação das polias. De acordo com Halliday, Resnick e Walker (2009a, p. 284),

Torque é a ação de girar ou de torcer um corpo em torno de um eixo de rotação, produzida por uma força \vec{F} (...). O torque τ é positivo se tende a girar um corpo inicialmente em repouso no sentido anti-horário e negativo se tende a girar o corpo no sentido horário.

Ainda sobre os saberes da fabricação de farinha, a partir dos relatos dos farinheiros, observa-se uma evolução no processo de separação do sólido do líquido, isto é, a mandioca sovada escoava o tucupi por meio da filtragem. Para a tarefa, inicialmente, o farinheiro a colocava em um pano⁴⁶ que funcionava como filtro e o espremia até que saísse todo o líquido ou que a massa estivesse mais seca. Contudo, o uso do tecido não era um procedimento muito eficiente, pois a quantidade de mandioca a ser processada era menor, exigindo que tal ação fosse repetida várias vezes e, com isso, a necessidade de um maior esforço muscular do farinheiro aliado ao aumento do tempo da produção.

Com a evolução do processamento da mandioca, os farinheiros tiveram acesso ao tipiti⁴⁷, que também funcionava como um “filtro”, sendo que a quantidade de massa era maior e podiam ser colocados de três a cinco tipitis numa única prensagem. Na Figura 6, aparece uma prensa com tipiti que, segundo o Farinheiro 6, funcionava quando *“a gente coloca o tipiti deitado no cocho⁴⁸ e vai botando a mandioca sovada pela cabeça dele. Quanto tá cheio, a gente pendura no gancho e puxa até saí todo o sumo (tucupi). Pra esticar o tipiti a gente roda aqui pra baixo até ele tá bem esticado”* (TRANSCRIÇÃO DO ÁUDIO DO ENCONTRO 4, OBSERVAÇÃO EM 29/05/2015).

⁴⁶ O pano corresponde a um pedaço de tecido.

⁴⁷ O tipiti é um tipo de prensa de palha trançada que é utilizado para espremer raízes, neste caso, a mandioca.

⁴⁸ O cocho é um pedaço de madeira cavado, parecido com uma canoa, que é utilizada para colocar a massa ou farinha.

Figura 6 – Prensa com tipiti



Fonte: Registro fotográfico de visita de campo (OBSERVAÇÃO EM 29/05/2015)

Para a “filtragem” da mandioca, além da prensa com tipiti, era possível o uso da prensa de tábuas (Figura 7), na qual podiam ser colocados, entre estas, até cinco sacos de sarrapilha (os farinheiros não mediam a quantidade de massa do saco). Por ser maior a quantidade de massa de mandioca e reduzir o tempo de preparo em relação à prensa com tipiti, a de tábuas era utilizada em casas de forno comunitárias, ou no caso de a produção ser comercial. Segundo Farinheiro 3, o seu funcionamento ocorria da seguinte forma:

A gente coloca entre as tábuas os sacos com a mandioca sovada e gira aqui pra apertar até sair o tucupi. Pra girar o ferro, é só colocar esse cano dentro dessa ponta de ferro e puxar pro outro lado, aí as tábuas vão apertando o saco. Tem gente que usa o tipiti, só que aí tem que colocar mais de um pra fazer uma fornada. Eu uso as prensas porque coloca mais saco, ponho de uma vez, é mais fácil (TRANSCRIÇÃO DO ÁUDIO DO ENCONTRO 5, OBSERVAÇÃO EM 19/06/2015).

Figura 7 – Prensa com tábuas de madeiras



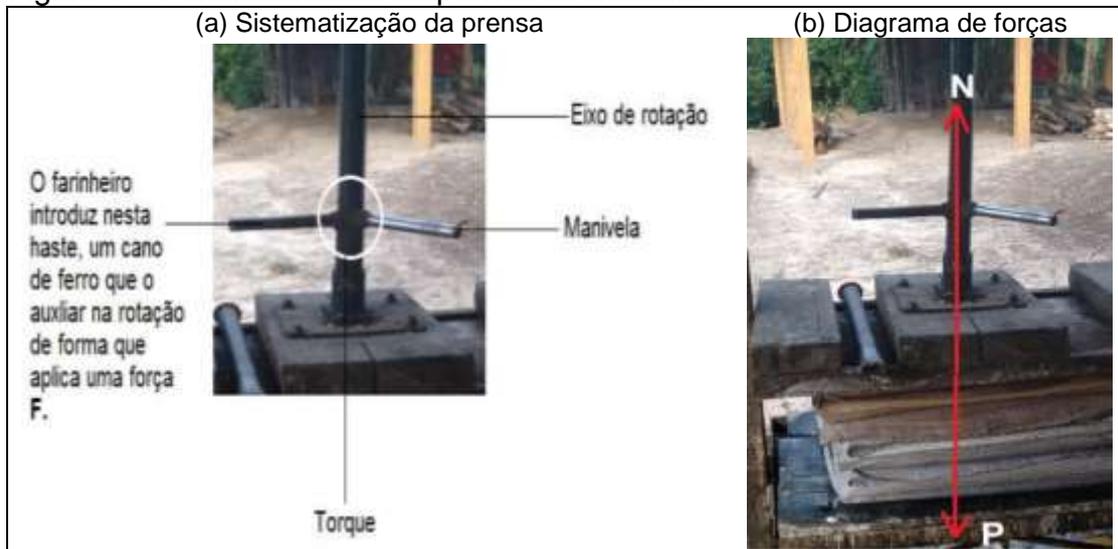
Fonte: Registro fotográfico de visita de campo (OBSERVAÇÃO EM 19/06/2015)

Independente do modelo de prensa, para o seu funcionamento, é necessário que as peças que o compõem interajam entre si e com o campo gravitacional da Terra, resultando em forças. Na prensagem, observava-se também a grandeza física trabalho, podendo ser associada à transferência de energia para um objeto por meio de uma força que age sobre ele. Cabe ressaltar que o conceito de energia não é trivial, bem como não há sobre ele um consenso entre os físicos; portanto, nos processos físicos e químicos, é grande a possibilidade de transformar ou transferir energia entre sistemas ou partes de um sistema entre si.

Em relação às forças, que são o objeto principal desta pesquisa, a Figura 8 descreve a prensa e o diagrama com as que são aplicadas no centro da massa, isto é, o peso e a normal. Ressalta-se que existe uma força \vec{F}_1 que é resultado da interação da mão do farinheiro com a alavanca num determinado ponto, assim como a \vec{F}_2 da alavanca para a mão. Este par de forças, um em cada braço da alavanca, é responsável pelo seu giro e pelo movimento de sobe-e-desce do parafuso da prensa. Além disso, também estão presentes as

forças de atrito em diferentes partes do sistema que interferem no funcionamento da prensa.

Figura 8 – Funcionamento da prensa de madeira



Fonte: Adaptado pela autora de Resnick, Halliday e Krane (2003)

Como mostra a Figura 8, após a prensagem, a massa de mandioca era peneirada e, comprimida numa superfície horizontal, podia-se observar o efeito da força normal enquanto a interação do campo gravitacional da Terra com os grãos da mandioca resultava na força peso. Neste processo, ocorreu a separação dos grãos grandes dos pequenos, sendo estes últimos utilizados no escaldamento e torramento para a obtenção da farinha. No primeiro, que consiste na secagem por meio do calor, observam-se temas da termodinâmica, como a temperatura, transferência de calor, energia térmica. A Figura 9 ilustra os processos manual e industrial nas casas de forno desta etapa.

Figura 9 – Tipos de fornos para fabricação de farinha



Fonte: Adaptado pela autora da visita de campo (OBSERVAÇÃO EM 19/06/2015)

No processo manual, não existia um controle de temperatura, pois o farinheiro usava sua experiência para aplicar o “ponto” do fogo, garantindo a boa qualidade da farinha. Sobre este, o Farinheiro 2 forneceu “[...] *dica à pessoa sobre torração para controle do fogo para escaldar e torrar o que deixa a farinha preta [...]*” (ENTREVISTA EM 13/02/2015). Nesse sentido, Damasceno (2005, p. 142) afirma que

Este tipo de atividade requer dos “fornheiros” uma determinada habilidade na aplicação desta técnica, para que evite que a massa da mandioca manipulada no forno grude e se torne imprópria para o consumo. Ainda exige deste mesmo trabalhador uma sensibilidade individual e condicionada, no qual a aplicação dos seus sentidos como olhar, o cheirar, e o degustar se tornam essenciais para percepção do momento exato da secagem da massa e do tempo ideal de torragem, ou seja, o tempo ideal para que a farinha fique adequada para o consumo.

A cultura da fabricação de farinha de mandioca possibilita diferentes saberes na perspectiva da etnofísica, levando-nos a mergulhar pela Física em diversas áreas. Esta cultura intrínseca de Física Popular também permite compreender que o conhecimento tem sido transmitido a cada geração. Um “fazer” que tem se transformado transforma mediante a necessidade de melhorar o processo, reduzir o tempo de preparo e, ao mesmo tempo, oferecer um produto de boa qualidade.

Assim, considerei o “fazer” dos farinheiros e seus saberes para descrever os elementos da Física Popular do processo de fabricação da farinha, contextualizados com a Física Escolar. Dessa forma, analisei os elementos na perspectiva dos farinheiros e entrelaçá-los com várias áreas da Ciência (Física, Química, Biologia...). Ademais, e averigui como os alunos percebiam os efeitos das forças da Física Escolar na fabricação de farinha.

Nesse ambiente, percebi que os farinheiros aprenderam o ofício com seus pais e os têm transmitindo aos seus filhos e amigos para, além de garantirem uma renda econômica, perpetuarem esse conhecimento popular. Os seus saberes aplicados no modo artesanal de fabricação de farinha estavam impregnados de elementos que podiam ser associados às teorias científicas. Ao comparar as linguagens utilizadas por esses profissionais com as dos professores acadêmicos, constatei que ambos empregavam palavras diferentes para explicar o mesmo objeto.

Contudo, algumas escolas ainda têm primado pelos saberes e linguagens dos acadêmicos em detrimento às formas de vida dos alunos, carregadas de métodos e vocabulários próprios. Nesse sentido, Giongo (2010, p. 214) afirma que a “[...] escola exclui os saberes do “mundo do trabalho”, centrando o processo pedagógico unicamente nos saberes acadêmicos [...]”. Assim, por intermédio da etnofísica da fabricação de farinha, procurei incluir o “mundo do aluno” em sala de aula, ou seja, fazer emergir elementos da Física Popular – a etnofísica – presentes no contexto analisado deste trabalho.

O Quadro 12 expõe uma síntese dos elementos da fabricação que foram analisados à luz da Ciência como forma de revelar os modos de ser e pensar

dos farinheiros, possíveis de serem remetidos à Física Escolar, e promover uma integração com outras áreas do conhecimento. Tais processos corroboram a hipótese defendida por Pinheiro e Giordan (2010, p. 372), visto que

Uma das implicações de se estudar os princípios científicos operantes nas práticas populares (...) é que esses princípios são usados diretamente na compreensão e interpretação dessas práticas, havendo, portanto, um contexto de identificação e aplicação dos conteúdos escolares [...].

Quadro 12 – Síntese de análise da fabricação de farinha

Fabricação de farinha	Conceitos de Física Escolar
A influência das estações do ano para plantio e colheita	Temperatura e calor no processo de brotação e desenvolvimento da mandioca; Influência da localização geográfica nas condições climáticas.
Mandioca no pubeiro	Temperatura no processo de fermentação; Densidade e empuxo para flutuação da mandioca.
Compressão da massa de mandioca no tipiti	Separação de misturas sólido-líquida; Pressão entre sólidos.
Tamanho dos grãos da farinha	Separação de misturas sólido-sólido; Pressão entre sólidos.
Sebo para passar no forno	Temperatura e calor; Transferência de calor.
Aquecimento nos diferentes tipos de forno	Transferência de calor.

Fonte: A autora

A diversidade de temas da fabricação que analisei na perspectiva da Física e que também demonstrava a existência de elementos para estudos de Química foram convergentes com a etnofísica que defendo nesta escrita. Para isso, prezei os diferentes saberes dos farinheiros, não melhores ou piores que os da Ciência, mas presentes em contextos diferentes que foram entrelaçados. Tais fatos me remetem às ideias de Prudente (2013b, p. 21), que sustenta que,

[...] Embora o foco seja a Etnofísica, em alguns momentos estende-se o termo para Etnociência para deixar clara a possibilidade de alargar a discussão para as demais áreas das ciências naturais e também porque há na literatura maiores debates sobre Etnociência do que especificamente Etnofísica [...].

Assim, dando continuidade aos estudos que propus no Quadro 12, avaliei como os conceitos de física térmica podiam ser analisados a partir da

fabricação de farinha, uma vez que a temperatura e o calor no sistema (solo, mandioca e ambiente externo) influenciavam as reações químicas e físicas, garantindo o desenvolvimento da mandioca para a farinha.

Usualmente, em algumas escolas, o conteúdo de Ciências Estações do Ano tem sido trabalhado na 5ª série do Ensino Fundamental, quando são discutidas as suas características. Já na 9ª série, seu estudo tem partido do Sistema Terra, Lua e Sol; Movimento de Translação da Terra e Inclinação do Eixo de Rotação da Terra. Por sua vez, na disciplina de Física do Ensino Médio, esta temática, que poderia envolver, por exemplo, Temperatura e Calor, praticamente não tem feito parte do currículo.

Uma possibilidade para aprofundar os estudos sobre estações do ano seria na área da termologia, na qual se discutiria a variação nos regimes de chuvas, insolação solar, entre outras. Além disso, elas também são influenciadas pelo aquecimento e resfriamento das Regiões Sólidas da Terra, sendo que a temperatura varia consoante a proximidade com as águas dos oceanos e dos mares. Também as situadas entre montanhas ou vales podem provocar variações no clima em virtude da ocorrência de ventos e nebulosidade. Tais fatores podem contribuir para que algumas cidades não sejam contempladas pelas quatro estações, como no caso de Pinheiro, em consequência de suas características geográficas e da latitude.

Dessa forma, em Pinheiro, o plantio acontece no período de chuvas, que corresponde aos meses de janeiro e fevereiro, mas, dependendo do clima, pode ser em dezembro. Para Cereda (2007), a plantação ocorre nesse período em virtude de a água ser necessária aos processos químicos e físicos, que garantem a brotação das raízes fibrosas⁴⁹. Assim, o período ideal corresponde à precipitação de 1000 mm/ano⁵⁰ de chuvas durante o ciclo vegetativo da cultura da mandioca, que são distribuídas de seis a oito meses anualmente. Além disso, a colheita depende das condições climáticas, já que se realiza no período de estiagem, que é de julho a dezembro. Nessa época, a temperatura está acima de 30 °C, o que favorece uma raiz de boa qualidade. Tais situações

⁴⁹ As raízes fibrosas, conforme Cereda (2007), são responsáveis pela absorção de nutrientes e também se transformam em raízes armazenadoras de amido.

⁵⁰ A sigla “mm” representa milímetro.

são evidenciadas nas declarações dos farinhaeros quando questionados sobre o período de plantação e colheita da mandioca:

Farinheiro 2: o tempo pra plantar é a partir de dezembro que é o período de chuva, a gente colocar três linhas⁵¹ (ENTREVISTA EM 13/02/2015).

Farinheiro 6: a gente planta a maniva em janeiro quando começa chover. De julho a agosto, tá bom pra colher (ENTREVISTA EM 29/06/2015).

Farinheira 9: A plantação é feita em janeiro, a quantidade é de acordo com o terreno (...) A colheita da mandioca é de novembro e dezembro (ENTREVISTA EM 29/06/2015).

Aluna 01: [...] as mandiocas dão mais na época de janeiro e dezembro, que são os períodos chuvosos [...] (DIÁRIO DE CAMPO, OBSERVAÇÃO EM 29/05/2015).

Nesse sentido, Alves (2006, p. 152), ao investigar a fisiologia da mandioca, afirma que “[...] a temperatura afeta a brotação da maniva, a formação e tamanho da folha, a formação das raízes de reserva e, conseqüentemente, o crescimento geral da planta [...]”. Isto é, a troca de energia do ambiente com a planta pode acelerar ou retardar as reações químicas, principalmente na fotossíntese, quando ocorre a catalisação das enzimas e absorção de gás carbônico.

Conseqüentemente, a temperatura influencia o desenvolvimento da mandioca; porém, os farinhaeros não dispunham de instrumentos, como o termômetro, para medir a temperatura ideal da lavoura. Por outro lado, graças à sua experiência, aprenderam que períodos chuvosos (baixas temperaturas) são propícios à plantação, e os de estiagem (altas temperaturas) beneficiam a colheita.

Cumprê destacar que também o processo de amolecimento está sujeito à temperatura, já que esta pode aumentar ou diminuir a quantidade de dias que a mandioca permanece no pubeiro ou no tanque. Damasceno (2004) observou que, colocada no segundo, seu amolecimento ocorre com maior rapidez, haja vista a água estar mais “quente”, mas, se posta no primeiro, ele é mais lento, já que a água está mais “fria”. Como afirma Cereda (2007), a atuação da temperatura no processo de fermentação contribui para as características

⁵¹ O termo três linhas equivale a um hectare de plantação.

organolépticas⁵² peculiares das raízes, reduz sua toxicidade por meio da eliminação parcial do ácido cianídrico. Neste caso, a temperatura ideal é 34°C. Além disso, para Chisté e Cohen (2011, p. 280),

A fermentação consiste no amolecimento das raízes de mandioca durante o processo fermentativo, e é realizada em água parada ou corrente (igarapés), a qual confere às raízes características sensoriais peculiares (...) o sabor e odor da farinha d'água são determinados pela maceração, sendo a principal fermentação provavelmente a butírica por *Clostridium sp.* Devido ao acentuado odor butírico exalado (...) a etapa de fermentação da raiz de mandioca contribui para a qualidade da farinha d'água.

Ainda sobre o amolecimento, cabe destacar que, ao observar o pubeiro, o farinheiro pode deduzir se a mandioca está mole ou dura e, a forma como nele está posta, concluir ou não o processo de fermentação. Independentemente de estar ou não com as cascas, as raízes, amolecidas, flutuam; e, duras, afundam; como observado na Figura 10.

O excerto a seguir demonstra que a variação de densidade da mandioca, ao flutuar ou não, era o parâmetro utilizado no saber popular dos farinheiros:

A mandioca fica aqui no pubeiro até ficar mole, esta aqui tá há quatro dias e ainda tá dura. Como tá chovendo muito, tá demorando ficar mole. A gente sabe se tá mole se a gente vê ela toda aqui em cima, é porque tá mole, ía gente já pode botar pra cima” (FARINHEIRO 4, ENTREVISTA EM 29/05/2015).

⁵² São as características perceptíveis aos seres humanos de acordo com os seus sentidos, como a cor, textura, aroma e forma da mandioca. Por exemplo, quando está amolecida, possui um odor butírico, uma cor amarelada.

Figura 10 – Flutuação da mandioca



Fonte: Registro fotográfico da visita de campo (OBSERVAÇÃO EM 29/05/2015)

Na Figura 10(a), a mandioca está dura por se encontrar submersa no tanque, indicando que precisará ficar “de molho” por mais tempo para a conclusão do processo de fermentação. Já na 10(b), a submersão da maior parte da mandioca é parcial, sendo, dessa forma, possível observar que ela flutua e que, entre a camada visivelmente submersa e o fundo do tanque, existe um espaço em que aparece somente uma solução líquida, resultado da mistura de água, ácidos da mandioca e assim por diante. Conseqüentemente, apenas as raízes da Figura 10(b) estavam aptas à fabricação de farinha.

Os saberes dos farinheiros, quanto às características da mandioca no pubeiro, permitiram identificar elementos relacionados à física dos fluidos⁵³, sendo um deles a força de empuxo, relacionada ao princípio de Arquimedes. Também foi possível analisar as diferenças de densidade entre a mandioca (*in natura* ou amolecida) e a água, que poderiam resultar em sua flutuação ou não, bem como a pressão da água. Preliminarmente, ocorreu o princípio de Arquimedes que, consoante a Halliday, Resnick e Walker (2009b, p. 66), refere-se às forças envolvidas na submersão de objetos nos fluidos, isto é,

[...] quando um corpo está totalmente ou parcialmente submerso em um fluido uma força de empuxo \vec{F}_E exercida pelo fluido age sobre o

⁵³ O fluido diz respeito a toda substância que pode escoar e assume o formato do recipiente em que foi colocado.

corpo. A força é dirigida para cima e tem um módulo igual ao peso $m_f g$ do fluido deslocado pelo corpo. De acordo com o princípio de Arquimedes, o módulo da força de empuxo é dado por $F_E = m_f g$ onde m_f é a massa do fluido deslocado.

Considerando o momento em que o farinheiro colocou a mandioca no pubeiro, com o passar do tempo, ela começou a afundar, *a priori*, em virtude de a força peso ser maior que a de empuxo, isto é, o peso da mandioca ser maior que o do fluido deslocado. Ressalta-se que, nesta situação, desprezam-se as forças de arrasto, haja vista a viscosidade da água ser muito pequena. À medida que a mandioca absorvia um pouco de água, as duas forças se equilibravam (\vec{F}_E se tornou igual à \vec{F}_g), e a primeira parou de afundar.

Além disso, quando a mandioca subiu, o empuxo se tornou maior que o peso, e, ao flutuar, (embora estivesse parcialmente submersa), as forças de empuxo e peso voltaram a se equilibrar (módulos iguais). Consequentemente, a mandioca estava em equilíbrio estático, isto é, flutuando no pubeiro, e o resultado das forças sobre ela foi nulo. Conforme Halliday, Resnick e Walker (2009b, p.67, grifo dos autores),

Quando um corpo flutua em um fluido, o módulo F_E da força de empuxo que age sobre o corpo é igual ao módulo F_g da força gravitacional a que o corpo está submetido. Podemos escrever esta afirmação como $\vec{F}_E = \vec{F}_g$ (flutuação) [...]. Quando um corpo flutua em um fluido, o módulo \vec{F}_g da força gravitacional a que o corpo está submerso é igual ao peso $m_f \vec{g}$ do fluido deslocado pelo corpo [...]. Em outras palavras, um corpo que flutua desloca um peso de fluido igual ao seu próprio peso.

Retornando ao processo de prensagem, cabe um comentário sobre a separação de misturas em diferentes estados (do sólido para o líquido por meio da filtragem) e a pressão no tipiti ou nos sacos de sarrapilha nas prensas de tábuas. O Aluno 04, ao tratar do método artesanal, relata que “[...] *nessa produção, se observam vários tipos de forças como, por exemplo, quando se peneira a massa, se coloca o tipiti para tirar o excesso de água da massa [...]*” (DIÁRIO DE CAMPO, OBSERVAÇÃO EM 29/05/2015, GRIFO DA PESQUISADORA). Os excertos que seguem mostram o funcionamento das prensas consoante os farinheiros:

Prensas de madeiras - *A gente coloca entre as tábuas os sacos com a mandioca sovada e gira aqui pra apertar até sair o tucupi. Pra gira o ferro, é só colocar esse cano dentro dessa ponta de ferro e puxar pro*

outro lado, ai as tábuas vão apertando o saco. Tem gente que usa o tipiti, só que ai tem que colocar mais de um pra fazer uma fornada, eu uso as prensas porque coloca mais saco ponho de uma vez, é mais fácil (FARINHEIRO 3, ENTREVISTA EM 19/06/2015).

Prensa com tipiti - *A gente coloca o tipiti deitado no cocho e vai botando a mandioca sovada pela cabeça dele, quanto tá cheio, a gente pendura no gancho e puxa até sair todo o sumo (tucupi). Pra esticar o tipiti a gente roda aqui pra baixo até ele tá bem esticado (FARINHEIRO 6, ENTREVISTA EM 29/05/2015).*

Os fragmentos acima comprovam que a prensa tem a função de aumentar a pressão e comprimir a mandioca contida em sua estrutura. Nesse caso, trata-se da pressão entre sólidos, também nomeada, em alguns livros didáticos, tensão mecânica, que é a grandeza que estabelece a razão entre a força que atua perpendicularmente e a área de uma superfície sólida na qual ela é distribuída. Este tipo de pressão, conforme Tipler e Mosca (2012, p. 432, grifo dos autores), pode ser expressa matematicamente por “[...] $p = \frac{F}{A}$. A unidade de medida é newton por metro quadrado (N/m^2), chamado de **pascal** (Pa)”⁵⁴.

Ressalta-se que a pressão é inversamente proporcional à área, isto é, quanto maior a área da superfície, menor é a pressão; quanto menor aquela, maior esta. No caso da prensagem, a pressão é maior no tipiti e menor no saco, uma vez que a área daquele (o formato se aproxima de um cilindro) é menor que este (o formato se aproxima de um paralelepípedo retangular). Nesse sentido, o Farinheiro 4, ao explicar o funcionamento do tipiti, afirmou que “*é preciso muita força capaz pra deixar o tipiti esticadinho. A gente bota estas pedras aqui pra poder pesar e puxar o tipiti pra baixo. Aí espreme a mandioca e a água dela sai todinha*” (TRANSCRIÇÃO DO ENCONTRO 04, OBSERVAÇÃO EM 29/05/2015).

Quando se aperta o tipiti ou saco de sarrapilha a fim de escoá-lo pelos seus “pequenos furos”, no tucupi da massa de mandioca, é possível aplicar o princípio de Pascal. Para Halliday, Resnick e Walker (2009b, p. 64), esse princípio pode ser enunciado como “uma variação da pressão aplicada a um fluido incompressível contido em um recipiente e transmitida integralmente a todas as partes do fluido e às paredes do recipiente”.

⁵⁴ Onde: p – pressão, A – área da superfície.

Um dos temas abordados na Química Escolar são os métodos de separação de misturas, sendo que, no processo de prensagem, é observado o método de filtração. Este corresponde a uma técnica de separação de sólidos suspensos de meios líquidos, ou seja, no tipiti ou no saco, a parte sólida da mandioca é filtrada da parte líquida para que ocorra sua separação. Para a fabricação de farinha, utiliza-se o tipiti ou saco, que funciona como um filtro-prensa. Para Bastos e Afonso (2015, p. 750), a filtração

[...] Trata-se essencialmente de uma separação por permeação onde o sólido é separado do líquido fazendo a mistura passar através de uma superfície porosa, chamada meio filtrante [...]. A velocidade de filtração depende, além do meio filtrante, da temperatura da solução, do tipo de precipitado e da pressão aplicada ao sistema. Para uma mesma mistura, a velocidade de filtração aumenta com a elevação da pressão (pressão positiva), da porosidade do meio filtrante, da temperatura (redução da viscosidade do líquido), e ainda sob sucção (vácuo) [...].

Em relação ao filtro, ressalta-se que os seus poros devem ser de tamanho menor que a parte sólida, viabilizando, assim, que apenas o líquido seja escoado. Embora a mandioca usada no tipiti esteja, por exemplo, em pequenos grãos, uma vez que foi sovada no caititu, é preciso que o tipiti tenha poros menores que seus grãos. Nesse caso, os poros são os espaços entre as fibras das palmeiras, que permitem apenas a passagem do líquido.

Após a prensagem, ocorre o processo de peneiramento, que comporta dois olhares: a separação em mistura sólido-sólido (Química Escolar) e a pressão entre sólidos (Física Escolar). Esta etapa de separação dos sólidos, conforme Araújo e Lopes (2009), tem a finalidade de uniformizar a granulometria⁵⁵ da farinha de forma que o tamanho dos grãos seja determinado pela malha da peneira, uma das características que diferenciam os tipos de farinha de mandioca conforme ilustrado na Figura 11. Corroborando esta ideia, Pinto (2002, p. 7) afirma que

[...] O trabalho prossegue com o peneiramento. Quando retirada da prensa, por ter sido submetida à fortíssima compressão, a massa está muito compactada precisando ser esfarelada e, em seguida, peneirada. O peneiramento retém os fragmentos mais grosseiros da massa, chamados carueira, permitindo a obtenção uma farinha mais uniforme.

⁵⁵ O termo granulometria se refere ao tamanho dos grãos.

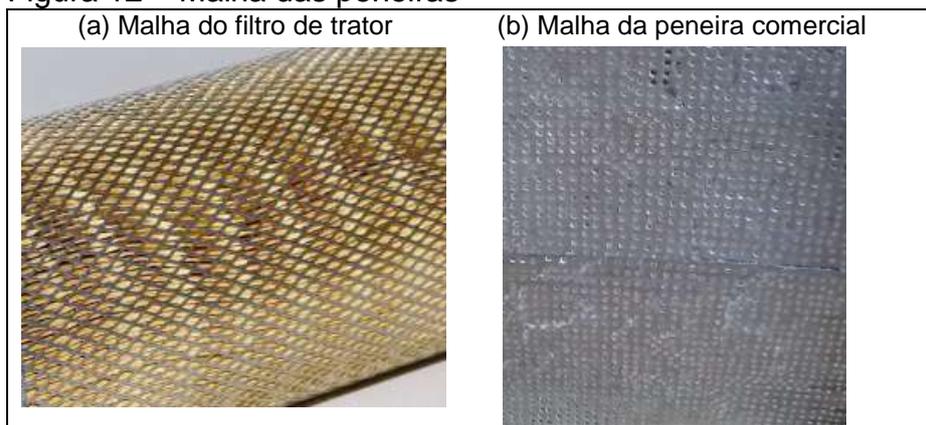
Figura 11 – Tipos de farinha de mandioca



Fonte: A autora

Segundo a Farinheira 7, “*tem gente que faz farinha bem fininha, outros, mais grossa. Aí, pra ficar mais fina, tem que peneirar mais, passar duas vezes na peneira*”(TRANSCRIÇÃO DO ENCONTRO 04, OBSERVAÇÃO EM 29/05/2015). A profissional, ao explicar o uso da peneira, demonstrou saber realizar a separação dos sólidos de maneira que tenham tamanhos e formas diferentes, um tema observado na Química Escolar. Para Venquiaruto et al. (2011, p. 140), levar esses saberes populares à sala de aula é um processo enriquecedor “[...] para a compreensão de que os conteúdos, que compõem as grades curriculares do Currículo de Ciências, podem, sim, fazer parte do cotidiano dos alunos e, dessa forma, estar mais próximo de suas realidades [...]”. Na Figura 12, estão expressas as peneiras utilizadas nas casas de forno.

Figura 12 – Malha das peneiras



Fonte: Disponível em: <http://www.matrixlubrificantes.com.br/site/produtos.php?tla=2&cod=112>>. Acesso em 30 dez. 2015

Quando questionado pelo Aluno 4 sobre o tipo de peneira, o Farinheiro 4 respondeu que “*peneira boa é de filtro de trator. Rapaz, a farinha fica bem fina, o buraco do filtro é pequeno e corta mais fácil*” (TRANSCRIÇÃO DO ENCONTRO 04, OBSERVAÇÃO EM 29/05/2015). É pertinente afirmar que, caso a área fosse menor que a peneira, a pressão aumentaria e, conseqüentemente, dificultaria o corte. Já, pelo raciocínio do Farinheiro 4, ocorreria o contrário, ou seja, a menor área facilitaria o corte da lâmina, divergindo da tese proposta pela Física Escolar, já que, segundo esta, a pressão é inversamente proporcional à área de aplicação para uma força constante.

O fato é que ambos os saberes – dos farinhaes e da Física Escolar – não podem ser classificados como um superior ou inferior ao outro, mas considerados em seus contextos. Portanto, os dois são capazes de explicar os fenômenos, permitindo que seus observadores, conforme Prudente (2013b), entendam, aprendam e lidem com as situações perceptíveis ao seu cotidiano.

Peneirada, a massa da mandioca passou pelo processo de escaldamento ou torrimento; entretanto, antes de colocá-la no forno, os farinhaes a untaram com sebo⁵⁶ (ou manteiga). Assim, quando questionado pela Aluna 17 sobre o material que utilizava no forno, o Farinheiro 6 afirmou

⁵⁶ O sebo corresponde a um tipo de gordura que cobre a barriga dos bovinos. Ao ser extraído, é colocado ao sol para secar, para então ser utilizado nas casas de forno.

que “a gente passa sebo aqui no forno pra a farinha não grudar e também para ficar mais torradinha. Aí fica mais gostosa pra comer” (TRANSCRIÇÃO DO ENCONTRO 04, OBSERVAÇÃO EM 29/05/2015). Segundo o Aluno 15, a mandioca foi “colocada no forno onde passou mais ou menos 1 h sendo torrada, e logo depois fica esfriando. Enquanto esfriava, eles passam manteiga no local que eles as torram e depois é ensacada para vender” (DIÁRIO DE CAMPO DO ALUNO, OBSERVAÇÃO EM 19/06/2015).

De acordo com os excertos acima transcritos, na etapa de escaldamento, ocorre a secagem por fritura de imersão, que, para Costa (2008), consiste na imersão de material úmido num banho de óleo com temperatura maior que o ponto de ebulição da água. Nessa etapa, o sebo quente serve como meio de transferência de calor para a massa de mandioca. O calor provindo da massa (fonte externa) eleva a sua temperatura inicial para uma superior à da ebulição da água (calor sensível) e da evaporação da água da massa (calor latente), porém com perdas de calor para o ambiente.

Na secagem, acontecem reações químicas e físicas que alteram a cor, a textura e o sabor da massa, o que contribui também para os diferentes tipos de farinhas (Figura 10). Além disso, para Costa (2008), durante a secagem, a perda de água para uma fornada se deve a três fatores: a) ao início do aquecimento da massa até o ponto de ebulição da água, resultando em sua vaporização; b) a manutenção de uma temperatura constante que se aproxima do ponto de ebulição da água durante a vaporização; c) ao equilíbrio térmico do sistema (quando a massa de mandioca e sebo possuem a mesma temperatura).

A importância da temperatura para o processo de escaldamento e torramento nos remete ao Farinheiro 2, que forneceu “[...] dica à pessoa sobre torração para controle do fogo para escaldar e torrar o que deixa a farinha preta [...]” (ENTREVISTA EM 19/02/2015). Assim, os farinheiros, mediante a sua sabedoria e experiência, conseguiam determinar o ponto certo, isto é, a temperatura ideal para que houvesse a transmissão de calor por convecção das lenhas em chamas para o forno (estrutura de ferro) em virtude do movimento do ar em aquecimento; irradiação por meio da propagação de

ondas eletromagnéticas e condução, em que as estruturas sólidas (forno e base de tijolos ou taipa⁵⁷) quando aquecidas, o calor se propaga em toda a sua estrutura.

Ao tratar dos fornos, observa-se que os farinheiros utilizavam formatos diferentes, o que poderia favorecer a condução, uma vez que esta depende das características do forno, como o comprimento, a diferença de temperaturas em suas extremidades, a espessura e tipo de material de que é feito. Assim, a fonte de calor deve ser posicionada de forma que sua propagação seja uniforme ao forno por meio da condução. Essa ideia foi ratificada pelo Farinheiro 6 ao afirmar que *“a gente usa forno a lenha. Coloca os pedaços de pau aqui pro fogo esquentar o forno todo, porque se ficar só de um lado aí esquento só desse lado aí queima a farinha”* (ENTREVISTA EM 19/06/2015). O Farinheiro 1 corrobora tal pensamento ao descrever as etapas da fabricação:

[...] Quando percorrido todo esse percurso, o forno já está estupidamente quente para receber a massa peneirada e iniciar o processo final que dura entre 2 ou 3 horas dependendo do mexedor. Do início até o final requer cuidados em lidar com a temperatura do forno, e saber controlar o fogo durante a torragem da farinha [...] (ENTREVISTA EM 23/02/2015).

Os diferentes saberes da etnofísica na perspectiva dos farinheiros, discutidos nesta seção, permitem inferir que eles não foram aprendidos na escola e sim adquiridos na prática diária de fabricação de farinha. O fato é que são espontâneos e faziam parte da cultura desses indivíduos, da mesma forma que os do seu Antônio na construção do manzuá, relatados por Souza (2013,p.110):

[...] seu Antônio utilizava espontaneamente conhecimentos físicos tais como: força, pressão, rigidez de materiais, densidade, flexão de hastes, temperatura, transferência de calor. Percebi que esses conceitos não foram aprendidos na escola, uma vez que seu Antônio nunca tinha frequentado uma sala de aula. Então, concluí que tais conceitos tinham sido apreendidos durante a própria prática de construção do Manzuá.

Logo, as linguagens utilizadas pelos farinheiros e seu Antônio emergem de elementos que permitem conectar o “mundo da farinha” com o “mundo da

⁵⁷ Base de taipa diz respeito a uma estrutura no formato do forno que possui paredes de madeira (bambu ou outra haste flexível) que são preenchidas com barro (mistura de água e terra).

escola”. Os jogos de linguagem de cada grupo fazem parte de uma determinada forma de vida, mas possuem algumas analogias. Nesse sentido, Knijnik et al. (2012, p. 31) afirmam que:

A Matemática Acadêmica, a Matemática Escolar, as matemáticas camponesas, as Matemáticas Indígenas, em suma, as Matemáticas geradas por grupos culturais específicos podem ser entendidas como conjuntos de jogos de linguagem engendrados em diferentes formas de vida, agregando critérios de racionalidade específicos. Porém, esses diferentes jogos não possuem uma essência invariável que os mantenha completamente incomunicáveis uns dos outros, nem uma propriedade comum a todos eles, mas algumas analogias ou parentescos [...].

Para Giongo (2010, p. 216), “[...] a Etnomatemática destaca a importância de que se efetive uma conexão entre a escola e o que lhe é “exterior”, o que inclui, certamente, o “mundo do trabalho” [...]”. Por meio desta conexão, percebem-se elementos que podem nos remeter a conteúdos da Física Escolar ou Química Escolar abordados no Ensino Médio. E, mesmo os farinhaes terem cursado apenas o Ensino Fundamental (completo ou não), a prática lhes conferiu outros conhecimentos. Anacleto (2007, p. 71), ao tratar dos saberes demonstrados pelos agricultores da lavoura de arroz, afirma que

[...] Para eles nada disto tem a ver com Física ou com Matemática. Esperava-se que pouco ou nenhum conhecimento formal de Física fosse externado, visto que os sujeitos da pesquisa têm pouca escolaridade, e não foram apresentados a este conteúdo. Ao contrário, esperava-se que eles demonstrassem maior familiaridade com a Matemática. Esta, com a qual eles já tiveram contato nas séries iniciais poderia ter sido de alguma forma relacionada ao contexto. Mas esta hipótese não se revelou acertada, visto que para eles essas são questões práticas, da vida diária deles e desvinculadas de um universo teórico.

Diante das etapas da fabricação de farinha que puderam ser conectadas com os saberes escolares, foram percorridas diversas áreas da Física; porém, ressalta-se que, nesta pesquisa, busquei os conhecimentos e práticas dos farinhaes, possíveis de serem alinhados ao estudo de força da Física Escolar. Assim, com base na realização da intervenção pedagógica, avaliei as implicações da utilização da Física Popular dos farinhaes para contextualizar o conceito de força da Física Escolar.

4.2 Diferentes saberes da etnofísica: a perspectiva dos estudantes

Nesta seção, analiso os saberes da etnofísica na perspectiva dos estudantes a fim de enunciar o conceito de força da Física Escolar e contextualizá-lo com a Física Popular dos farinheiros. Para tanto, as análises foram baseadas nas transcrições dos áudios dos encontros, guia de atividades e diário de campo dos alunos durante a realização da empiria da pesquisa. Além disso, por meio das atividades realizadas em sala de aula e visitas de campo que constituíram a intervenção pedagógica, analisei a forma como os alunos aproximaram os saberes escolares com os populares.

Para Anacleto (2007, p. 38), “[...] os educandos chegam à escola, principalmente no Ensino Médio, impregnados de saberes intuitivos. Contudo, na escola, esses modelos são ora esquecidos, ora evitados [...]”. Neste sentido, a premissa desta pesquisa consistiu na aplicação de uma lista de questões que investigaram as concepções intuitivas dos alunos sobre a força da Física Escolar. Elas foram o “ponta pé” para discutir o conceito de força como resultado das interações entre os corpos. Nos extratos que seguem, encontram-se alguns enunciados que expressam a forma como ocorrem as interações entre os corpos segundo os alunos:

Aluna 01: De forma direta e indireta.

Aluno 02: Pode acontecer por contato físico, como, por exemplo, quando uma pessoa empurra outra pessoa.

Aluno 04: As interações podem ocorrer de forma direta, quando há contato entre os corpos ou indireta quando ocorre à distância, não há contato entre os corpos.

Aluno 06: As interações entre os corpos ocorrem a partir do momento que há um contato entre os seres na qual o ser vai fazer com que o outro possa vim interagir com o mesmo.

Aluno 07: A interação de um corpo por meio da força representada em uma ação de empurrar ou puxar em determinada direção.

Aluna 19: Elas ocorrem por meio de algum contato, como o toque, quando se movimenta algo e etc.

(GUIA DE ATIVIDADES DOS ALUNOS, OBSERVAÇÃO EM 08/05/2015, ENCONTRO 02).

Nos depoimentos acima, observa-se a predominância de forças de contato, ou seja, segundo os alunos, os corpos só interagem pelo toque. Tal constatação permite inferir que o conhecimento deles estava conectado ao que fosse possível de ser visto a “olho nu”, isto é, mediante o contato direto com seu material didático, como sentar e levantar de uma cadeira, abrir e fechar a porta, situações pelas quais eles pudessem observar as interações dos objetos. Essa predominância da visão de força como “algo” que exige o contato

entre os corpos que interagem pode ser explicada pela dificuldade que, geralmente, os estudantes têm apresentado para compreender o conceito de força de campo. É importante salientar que o modelo da teoria de campo é de compreensão não-trivial, além de ser pouco explorado na abordagem tradicional das aulas de Física (MOREIRA; LAGRECA, 1998).

Contudo, alguns alunos mencionaram uma “relação indireta” que pode remeter à força de campo que, segundo Tipler e Mosca (2012), não necessita do contato direto entre os corpos que estão interagindo. Como exemplo, transcrevo as declarações da Aluna 17 pelas quais afirma que as interações ocorrem “*de forma direta e indireta*” e as do Aluno 04 quando alega que “*as interações podem ocorrer de forma direta, quando há contato entre os corpos ou indireta quando ocorre à distância, não há contato entre os corpos*” (GUIA DE ATIVIDADES DOS ALUNOS, OBSERVAÇÃO EM 08/05/2015). Por sua vez, outros relataram as deformações no corpo e a alteração do seu estado de movimento ou repouso. Os efeitos apontados pelos discentes, presentes nos excertos abaixo, assemelham-se aos discutidos por Nussenzveig (2002):

Aluno 02: Pode produzir ou modificar uma movimentação.

Aluno 04: As interações entre os corpos podem produzir ou mudar de posição um movimento.

Aluno 06: Há vários efeitos nos quais um corpo pode vim mudar a forma física do outro, mostrando assim que um corpo é, mas consistente que o outro, mudando seu estado.

Aluno 07: Empurrar ou puxar um determinado corpo para uma direção

(GUIAS DE ATIVIDADES DOS ALUNOS, OBSERVAÇÃO EM 08/05/2015, ENCONTRO 02).

Os alunos demonstraram um conhecimento intuitivo em que foi necessário usar uma estratégia de ensino (experimentos), que os levou a compreenderem o conceito de força da Física Escolar a partir da resignificação do seu próprio conhecimento. Esta estratégia, para Freire (1996, p. 21), pode corresponder ao professor que pensa certo atuando “[...] como ser humano a irrecusável prática de interligar, desafiar o educando com quem se comunica e a quem comunica, produzir sua compreensão do que vem sendo comunicado [...]”.

No sentido de propiciar aos alunos compreensões sobre o conceito de força da Física Escolar e, ao mesmo tempo, dar significado ao que eles já

sabiam, utilizei três experimentos. Estes tinham como objetivo principal demonstrar as interações de campo e de contato, bem como as forças que produziam e seus efeitos nos corpos envolvidos. Contudo, ao questioná-los sobre quais forças eram responsáveis pelo movimento do foguete de balão (experimento 2) ou do carrinho (experimento 3), constatei que, [...] os alunos são criativos em suas respostas, mas têm dificuldades em associar o tipo de força ao experimento, então é preciso fazer perguntas capciosas para que facilite esta associação (DIÁRIO DE CAMPO DA PESQUISADORA, OBSERVAÇÃO EM 15/05/2015).

Os relatos dos alunos nos diários de campo revelam que o seu cotidiano era recheado de “forças”, que, durante as discussões, foram sendo contextualizadas com a Física Escolar. Seus comentários se referem às atividades realizadas e às formas de perceber outros tipos de interações em seu dia a dia:

Aluna 01: [...] por conta das experiências, podemos perceber que existem forças que eu conhecia, mas que não sabia ao certo como se usava o exemplo do balão. Pude perceber que existem interações diretas ou indiretas com objetos ou pessoas, e também na questão do contato, na força em campo [...].

Aluno 07: [...] aprende sobre as interações entre os corpos e força. Em que a força resulta na ação de empurrar ou puxar em uma determinada direção. Percebi sobre os campos magnéticos, que podemos saber onde estamos (bússola) [...].

Aluno 12: [...] aprendi a força que um corpo pode exercer sobre o outro e que, mesmo não estando perto dessa força, estamos sujeitos a sofrer ação dela.

(DIÁRIO DE CAMPO DOS ALUNOS, OBSERVAÇÃO EM 08/05/2015, ENCONTRO 02).

Aluna 14: O encontro foi bem interessante, foi colocado em sala de aula os tipos de forças (...). Acompanhado de uma experiência, além disso, foram mencionados exemplos de forças discriminadas de contato e campo, sendo a força de campo qualquer força aplicada num corpo por outro que não esteja em contato direto com ele, e a força de contato diz respeito à força gerada no ponto de contato entre dois objetos.

Aluno 15: Estudamos a força peso e massa (...). No nosso dia a dia, acontecem as coisas e não percebemos, como: uma cadeira que tem rodas e uma que não tem, a cadeira de rodas funciona de forma que diminui o atrito entre a roda e o chão, já a que não tem nada, o atrito aumenta pelo fato dela ser feita para ficar parada, ou seja, em repouso. (DIÁRIO DE CAMPO DOS ALUNOS, OBSERVAÇÃO EM 15/05/2015, ENCONTRO 03).

Mediante as discussões em sala de aula, os alunos buscaram relacionar esses saberes com a fabricação de farinha, de forma que eles se apropriaram

da teoria para relacioná-la à prática. Este fato nos remete a Prudente (2010a, p. 10) quando sustenta que “[...] a Etnofísica muda o foco fomentando a correlação entre a teoria que representa o fenômeno físico e sua concepção por quem se vê estimulado a se apropriar dessa teoria [...]”. Assim, baseados nas visitas de campo, os estudantes identificaram algumas forças nas etapas da fabricação:

Aluno 04: Foi realizada uma visita à casa de farinha, onde foi explicado o processo de colheita da mandioca e a produção de farinha [...]. Nessa produção, se observa vários tipos de forças como, por exemplo, quando se peneira a massa, se coloca o tipiti para tirar o excesso de água da massa.

Aluno 15: [...] Uma relação com a física são as forças usadas para que seja feita, como por exemplo, a força de deformação, ou seja, é quando mudamos o estado de um corpo, no caso que estamos estudando, a mandioca [...].

(DIÁRIO DE CAMPO DOS ALUNOS, OBSERVAÇÃO EM 29/05/2015, ENCONTRO 04).

O Aluno 04, ao citar a etapa de peneiramento, aludiu à força normal quando o farinheiro comprimiu a massa contra a peneira³ e os grãos que caíram graças à força de peso. Na prensagem, o profissional retomou os conceitos de forças peso e normal, toque e pressão quando utilizou o tipiti para escoar o tucupi da massa de mandioca. Contudo, o Aluno 15, ao tratar da “*mudança de estado do corpo*” e citar a granulagem da mandioca, referiu-se aos tipos de peneiras e de grãos.

Nesse sentido, alunos, ao se apropriarem do estudo de força e dos saberes dos farinheiros, começaram a estabelecer as relações entre eles. Para tanto, adotei duas estratégias na discussão dos dados coletados: na primeira, busquei esquematizar as forças envolvidas em cada etapa da fabricação com ênfase no objeto e sua vizinhança, alteração no movimento, força (interação e tipo). Na segunda, utilizei a lista de questões do Apêndice G para contextualizar algumas etapas da fabricação de farinha com a Física. Entretanto, nesta seção, discuto apenas algumas questões.

Assim, na primeira estratégia, primei por estabelecer um elo entre a Física Escolar e a Popular mediante a lista de questões 3, Capítulo 3, Quadro 9. Em vista disso, a discussão com os alunos envolveu as suas percepções sobre as etapas da fabricação de farinha de mandioca. Quanto à

esquematização destas, foram unânimes em afirmar que tiveram dificuldades em realizar a atividade:

Aluna 05: Tive dificuldade em responder o questionário [...]. Atividade estava difícil, pois faltei cerca de 3 encontros e fiquei por fora do assunto [...].

Aluno 12: Ao preencher o esquema das forças, tive um pouco de dificuldade, pois algumas forças não me lembrei, mas consegui porque as forças que estudamos nos outros encontros ajudavam e também as visitas para também o nome dos passos para se fazer farinha [...].

Aluna 19: (...) No segundo momento, respondemos uma atividade onde o principal objetivo era destacar os tipos de forças utilizadas na fabricação. Tivemos um pouco de dificuldade no preenchimento da tabela, mas conseguimos realizar com a ajuda do material de apoio e da professora (DIÁRIO DE CAMPO DOS ALUNOS, OBSERVAÇÃO EM 15/08/2015, ENCONTRO 07).

Ao analisar as respostas dos alunos, percebi que conheciam o processo, mas tinham dificuldades em esquematizar os dados de acordo com a linguagem científica. Os obstáculos enfrentados na compreensão do conceito de força surgiam quando eles descreviam o objeto (equipamento, por exemplo), a alteração do movimento (o efeito da força) e objetos na vizinha (os corpos que interagem com o objeto para produzir a força). O tipo de interação (contato ou campo) e a força (peso, normal, tração ...) também fizeram parte das discussões. As respostas de três alunos que selecionei representam esquemas similares aos apresentados pelos demais, bem como as relações que estabeleceram.

Assim, na análise das soluções da Aluna 01, Quadro 13, verificam-se relações incorretas na citação de um objeto, bem como na associação das interações de contato para todas as forças, embora o peso seja uma força de campo. A referida aluna descreveu tais dificuldades em seu diário de campo:

Pode-se perceber que cada processo da farinha está integrado com a física. Tive dificuldade em diferenciar as forças. O processo da farinha, podemos perceber que é complicado, principalmente quando boa parte do trabalho é manual [...]. (DIÁRIO DE CAMPO DA ALUNA 01, OBSERVAÇÃO EM 15/08/2015, ENCONTRO 07).

Quadro 13 – Esquema do processamento da mandioca da Aluna 01

Atividade realizada pelo farinheiro			Força	
Objeto	Alteração no movimento	Objeto(s) na(s) vizinhança(s)	Interação	Tipo(s)
Mandioca	De molho	Tanque	Contato	Atrito cinético
Mandioca	Amolecer	Tanque	Contato	Atrito cinético
Farinha	Triturar	Máquina	Contato	Atrito estático
Farinha	Escaldar	Forno	Contato	Atrito cinético
Mandioca	Peneirar	Máquina	Contato	Peso
Mandioca	Lavar	Água	Contato	Peso

Fonte: Guia de atividades da Aluna 01⁵⁸ (OBSERVAÇÃO EM 15/08/2015)

Em relação às respostas da Aluna 01, persiste a indicação das forças de atritos cinético e estático. Contudo, “a mandioca de molho no tanque” não está sujeita ao atrito cinético, uma vez que não há eminência de movimento ou interações que a coloquem em movimento. Consoante a esta ideia, ao analisar “a mandioca na máquina de triturar”, existe movimento ou repouso no processo relacionado com as forças de atrito.

Porém, estão presentes interações de campo e contato nos movimentos dos corpos descritos pela Aluna 01, bem como outras forças além de atrito cinético e peso. Evidentemente, ela conhecia as etapas e os equipamentos da fabricação de farinha, porém tinha dificuldade em relacioná-los com o estudo de força da Física Escolar, uma vez que o conceito de força como esforço físico persistia conforme sua declaração: *“podemos perceber que é complicado, principalmente quando boa parte do trabalho é manual”*. O Quadro 14 expõe a correção – proposta durante as discussões - das soluções apresentadas pela discente:

⁵⁸ A Aluna 01 fez as suas anotações a lápis, tornando a fotografia ilegível, assim, foi necessária a transcrição do texto.

Quadro 14 – Proposta de correção das respostas da Aluna 01

Atividade realizada pelo farinheiro			Força	
Objeto	Alteração no movimento	Objeto(s) na(s) vizinhança(s)	Interação	Tipo(s)
Mandioca	Flutuação	Tanque e água	Campo Contato	Peso Empuxo
Mandioca	Puxar a casca facilmente quando amolecida	Faca ou mãos do farinheiro	Contato	Atrito estático e cinético
Mandioca	Compressão dos grãos na peneira	Peneira e mãos do farinheiro	Contato	Normal
Mandioca	Queda dos grãos na gamela	Gamela	Campo	Peso

Fonte: A autora

Ainda sobre a mesma atividade, as soluções do Aluno 12, Figura 13, expressam que o “objeto” é a “etapa da fabricação”. O equívoco se estende à descrição e interação, e estas, por sua vez, aos erros nos tipos de força. Em seu diário de campo, ele relatou que teve dificuldades de identificar os movimentos, mas facilidade de discernir os objetos.

Discutimos hoje toda a análise da força e os materiais empregados na fabricação da farinha. Além de verificar os movimentos feitos em cada atividade. Tive dificuldade em identificar os movimentos e facilidade nos objetos [...] DIÁRIO DE CAMPO DO ALUNO 12, OBSERVAÇÃO EM 15/08/2015, ENCONTRO 07).

Figura 13 – Esquema do processamento da mandioca do Aluno 12

Atividade realizada pelo farinheiro			Força	
Objeto	Alteração no movimento	Objeto(s) na(s) vizinhança(s)	Interação	Tipo(s)
Mandioca	É arrancada do solo	Terra	Contato	Atrito
Plantar	colocada no solo	enchida	contato	Atrito
Desenhar	puxar a casca	mão	contato	Atrito
Sovar	treturada	contato	contato	Atrito
Escaldar	Secar	Forno	calor	temperatura
Lavar	Água lavada	Água	corrente	Atrito
Peneirar	Queda da farinha	Peneira	pressão	Atrito
Resfiar	ela é espessa	pecho	contato	resfiar
comercializar	Venda	transporte	carregar	Atrito
Torrar	mergo a massa	Forno	contato - mergo	Atrito
Amolecer	é hidratada	Água	contato	Normal

Fonte: Guia de atividade do Aluno 12 (OBSERVAÇÃO EM 15/08/2015)

Das respostas apresentadas pelo Aluno 12, merece atenção a que se refere ao calor e temperatura, que, embora não seja um tipo de força, é uma observação pertinente, assim como no processo de peneiramento ele abordou a pressão, discussões já presentes neste capítulo. Ademais, percebe-se que o “objeto” foi relacionado à etapa da fabricação e, em algumas situações, à “alteração no movimento”. Ambas foram descritas corretamente, como em “tirar a casca”, embora ele tenha apresentado um conhecimento intuitivo ao tratar da etapa de amolecimento na qual descreveu “a água hidratando a mandioca”.

Outra discussão sobre dados apresentados pelo Aluno 12 se refere à sovagem da mandioca, quando ele analisou o funcionamento do catitu. As forças peso estariam presentes no momento em que a mandioca triturada caísse no cofo; as de atrito, no contato entre a mandioca e o catitu, gerando sua fragmentação. Além disso, é possível verificar que, para o catitu funcionar, é necessário que as polias transmitam movimento e forças nas correias que fazem o “rolo” girar e triturar a mandioca. Nesse caso, há atrito entre as correias e as polias.

Uma discussão interessante também emergiu das respostas do Aluno 15, Figura 14, quando ele se referiu à prensagem, na qual é possível verificar diferentes interações; à queda do tucupi, explicada pela força peso; à pressão nas prensas, torção que pode induzir o toque da manivela e faz a prensa funcionar. Outro debate relevante envolveu a tração, do qual surgiu a dúvida: na prensa com tipiti, ele pode ou não ser considerado um fio ideal? Para 20% dos alunos, o tipiti poderia ser considerando um fio ideal; já 80% discordaram, argumentando que ele se deformava durante a prensagem. Sobre esta questão, o Aluno 05 declarou: “*acho que é fio, porque o farinheiro pendura e estica para espremer a mandioca. Então, tem força de tração*” (TRANSCRIÇÃO DO ÁUDIO DO ENCONTRO 07, OBSERVAÇÃO EM 15/08/2016).

Figura 14 – Esquema do processamento da mandioca do Aluno 15

Atividade realizada pelo farinheiro			Força	
Objeto	Alteração no movimento	Objeto(s) na(s) vizinhança(s)	Interação	Tipo(s)
Ex: Mandioca	É arrancada do solo	Terra	Contato	Atrito
COLHEITA	ARRANCA A MANIÓC	TERRA, PESSOA E MANIÓC	CONTATO	ATRITO ESTÁTICO, ATRITO CINÉTICO
COLAR DE MOLHO	DEIXAR EM REPOUSO	RECIPIENTE, ÁGUA, MANIÓC	CONTATO	FORÇA PESO
PRESA	COLOCADA NO CÉFO.	LOCAL ONDE SERÁ PRESA	CONTATO	TRAÇÃO, PRESSÃO
PENEIRAR	TIRAR A MANIÓC DA DETRITURADA	COLOCA NA PENEIRA	CONTATO	FORÇA NORMAL, FORÇA PESO.
LAVAR	DEPOIS DE DESCASAR, COLAR DE MOLHO. LOGO DEPOIS	ÁGUA	CONTATO	ATRITO
TRITURAR	DA PRESA	CAÇITO	CONTATO	FORÇA PESO,
RESFRIAMENTO	DEPOIS DE TORRAR	COXO	CONTATO	REPOUSO
TORRAR	COLOCAR NO TORRÃO	PESSOA, ENXARRA, TORRÃO		ATRITO,

Fonte: Guia de atividade do Aluno 15 (OBSERVAÇÃO EM 15/08/2015)

A priori, essa observação possibilitou analisar a influência do tipiti na prensagem, pois sua estrutura poderia ser desprezível se estivesse vazia, mas, por ser preenchida pela mandioca sovada, torna-se um corpo extenso. De acordo com Halliday, Resnick e Walker (2009a, p. 105, grifo dos autores),

[...] quando uma corda (ou um fio, cabo ou outro objeto do mesmo tipo) é presa a um corpo e esticada aplica ao corpo uma força \vec{T} orientada ao longo da corda (...). Essa força é chamada de força de tração porque a corda está sendo tracionada (puxada) (...). Uma corda é frequentemente considerada sem massa (o que significa que a massa é desprezível em comparação com a massa do corpo ao qual está presa) e inextensível. Neste caso, a corda existe apenas como uma ligação entre os dois corpos [...].

As palavras dos nomeados autores sugerem que o fio pode ou não ser considerado desprezível e, para a prensagem com tipiti, a sua massa e extensão devem ser avaliadas para verificar a sua tração. Tal situação indica que o tipiti transmitiu parcialmente a força nele aplicada de uma extremidade à outra; além disso, deve-se considerar a sua força peso. Nesse caso, a tração

tem como efeito a deformação do tipiti, pois este se estica o suficiente para comprimir a mandioca sovada de forma que separa a parte sólida da líquida.

Ademais, no peneiramento, discutimos sobre a pressão, quando foram abordados os tipos de prensas, força normal para compressão da massa pelas mãos dos farinhaeiros, bem como o peso influenciando a queda dos grãos. Nas respostas do Aluno 12, outra observação pertinente diz respeito à interpretação das informações sobre o processo de resfriamento. Para o Farinheiro 5, este ocorre quando “a gente tira a farinha do forno e coloca no cocho. A gente bota aqui pra ela esfriar. Aí espera um tempo, e quando não tá mais quente, a gente pesa o alqueiro, a quarta. A quantidade depende né, se é pra vender ou pra comer” (TRANSCRIÇÃO DO ÁUDIO DO ENCONTRO 05, OBSERVAÇÃO EM 19/06/2015).

Com base na solução do Aluno 12, uma possível interpretação é que, após o torramento, a farinha era colocada no cocho para resfriar, e, em relação ao cocho, ela ficava em repouso. Cumpre destacar que, ao questionar o estado de repouso de corpo, busquei superar a ideia intuitiva dos alunos de que “repouso é quando o corpo está parado”. Assim, discutimos, em sala de aula, as situações e fatores que determinam o estado de repouso ou movimento de corpo; entre eles, a necessidade de definir um referencial, no caso, o cocho, e identificar as forças que atuam no corpo. Contudo, a turma não percebeu que, para o repouso, é preciso forças:

Pesquisadora: Por que no resfriamento a farinha está em repouso?

Alunos⁵⁹: Porque ela tá parada.

Pesquisadora: O que é preciso para ela estar “parada”?

Alunos: Nada.

Pesquisadora: Nada? Quais são corpos do processo de resfriamento?

Aluno 12: O cocho e a farinha.

Pesquisadora: Na interação entre o cocho e a farinha, há alguma força?

Aluna 01: Força de contato.

Aluno 02: Força de contato.

Aluno 19: Força peso.

Pesquisadora: Que forças de contato?

Aluna 01: Normal, porque a farinha fica em cima do cocho
(TRANSCRIÇÃO DO ÁUDIO DO ENCONTRO 07, OBSERVAÇÃO EM 15/08/2015).

⁵⁹ Nesse caso, o termo “alunos” se refere ao coro no qual a resposta foi falada.

A partir das suas enunciações, expliquei aos alunos acerca da força que age sobre a farinha em repouso sobre o cocho, que é a força do cocho sobre a farinha. Nesse caso, as forças fazem o par ação-e-reação da 3ª lei de Newton, isto é, a farinha comprime o cocho que, em reação, também a comprime. A força desta interação é normal, que por ser aplicada numa superfície horizontal, tem seu módulo igual ao peso da farinha, ou seja, $\vec{N} = \vec{P} = m\vec{g}$. Assim, \vec{N}_1 é a força normal da farinha para o cocho, e $-\vec{N}_2$, deste para aquela, ratificando-se que a força normal não é a reação da força peso. O peso é a força que a Terra atrai o objeto que, em reação a este, também atrai a Terra. Logo, \vec{P}_1 é a força peso do objeto para a Terra, e $-\vec{P}_2$ é desta para aquele. Consequentemente, $\vec{F}_R = \vec{P}_1 + \vec{N}_1 + (-\vec{N}_2) + (-\vec{P}_2) = 0$, ou seja, a força resultante é nula, e a farinha, em relação ao cocho, está em repouso.

Ao observar outras esquematizações dos alunos, é possível constatar que houve momentos em que eles vinculavam a força peso a uma interação de contato, e outra para a de campo, como no caso das associações corretas peso e força de campo da Aluna 19, Quadro 14. Seu erro se deveu à forma como descreveu a alteração no movimento: “deixar de molho” em vez de “mandioca flutuando”; por sua vez, “peneirar” poderia ser “grãos caindo na gamela”.

Quadro 15 – Esquematização das forças feitas pela Aluna 19

Atividade realizada pelo farinheiro			Força	
Objeto	Alteração no movimento	Objeto(s) na(s) vizinhança(s)	Interação	Tipo(s)
Mandioca	Deixar de molho	Tanque	Campo	Peso
Farinha	Peneirar	Peneira	Campo	peso

Fonte: Adaptado do Guia de atividade da Aluna 19 (OBSERVAÇÃO EM 15/08/2015)

Diante das dificuldades dos discentes em interpretar as informações do Quadro 9, Capítulo 3, é possível afirmar que, independentemente das estratégias de ensino utilizadas, a forma de solicitar os dados pode ser incoerente com os objetivos da pesquisa. O fato é que minha expectativa, ao aplicar uma atividade em sala de aula, era que a turma a executasse com

exatidão e facilidade. Segundo Anacleto (2007, p. 40), a dificuldade dos alunos em perceberem a Física pode ser em virtude de ela “[...] se mostrar sempre desvinculada da realidade e, quando nos deparamos com situações reais, não conseguimos relacioná-las com o conteúdo científico estudado na escola”.

Além disso, o aluno não é um quadro branco que o professor pode preencher com o que desejar; é preciso considerar que ele possui conhecimentos intuitivos aprendidos em seu meio social e que servem para explicar os fenômenos da Física do seu cotidiano. Por sua vez, Jardim e Blanch (2002, p. 102) destacam que as dificuldades e os erros podem estar relacionados às concepções intuitivas dos estudantes e sua forma de relacioná-las às questões do seu cotidiano, isto é,

Algumas vezes, uma certa questão que evidenciaria, pelo número de acertos, uma baixa incidência de uma determinada concepção alternativa⁶⁰, quando comparada com outra questão que evidencia a mesma concepção, demonstra que os alunos têm essa concepção presente. Isto está relacionado com o fato de os alunos desenvolverem significados e estratégias para explicarem os acontecimentos e palavras do mundo onde vivem, de maneira inconsistente, ou seja, fazem associações e/ou diferenciações incorretas, além de não perceberem os diferentes sentidos que as palavras podem ter. Muitas vezes não percebem a relação de semelhança ou o sentido das metáforas que são utilizadas nas questões.

Logo, esses conhecimentos intuitivos podem provocar dificuldades na compreensão do conceito de força e movimento. Para Perez, Rosa e Darroz (2012, p. 79),

[...] concepções alternativas sobre força e movimento, e que elas persistem mesmo após um curso introdutório de mecânica [...]. Essas concepções, muito provavelmente, estão associadas a conhecimentos prévios adquiridos na experiência pessoal cotidiana e baseados no senso comum [...].

Assim, as concepções intuitivas dos alunos podem ser transformadas na medida em que eles aprendem novos conhecimentos, mas também se tornar um obstáculo para a compreensão dos modelos científicos. Perez, Rosa e

⁶⁰ Neste texto, optei por usar o termo ‘conhecimentos ou concepções intuitivas’ para nomear os saberes dos alunos quando se tratam das informações que foram frutos de seu cotidiano. Os autores que utilizam o termo ‘conhecimento alternativo’ também abordam esses saberes, mas penso que “alternativo” pode sugerir dualidade ou superioridade, o oposto da defesa que realizei sobre os diferentes saberes. Ratifico que os saberes populares e escolares estão corretos em seus contextos, não havendo superioridade ou inferioridade.

Darroz (2012, p. 80) defendem “[...] que a abordagem dos conteúdos deve buscar uma sintonia entre aquilo que, supostamente, o estudante já sabe e o que ele precisa crescer ao seu aprendizado [...]”. Para estabelecer o elo entre os conhecimentos alternativos dos alunos e os científicos propostos pelo ambiente escolar, é preciso que o professor utilize estratégias de ensino. Sobre isso, Jardim e Blanch (2002, p. 103) afirmam que

É importante oferecer aos alunos momentos em que eles possam perceber-se de seus erros sem se culpar; oportunidade de utilizarem suas concepções alternativas no processo de ensino-aprendizagem e levá-los a negar seus conhecimentos subjetivos, primeiros, mediatos e sensíveis, à procura do normatismo do pensamento científico, da razão de grupo, da objetividade; e momentos em que os conteúdos possam ser reorganizados e reconciliados com conceitos já definidos na sua estrutura cognitiva.

Outra explicação possível é a estrutura do Quadro 9, inspirada numa tabela (Figura 15) e discutida por Resnick, Halliday e Krane (2003, p. 47) para descrever “[...] os movimentos acelerados comuns e o objeto na sua vizinhança que é o principal responsável pela aceleração [...]”.

Figura 15 – Alguns movimentos acelerados e as suas causas principais

<i>Objeto</i>	<i>Alteração no Movimento</i>	<i>Objeto na Vizinhança</i>	<i>Tipo de Força</i>
Maçã	Cai da árvore	Terra	Gravitacional
Carro	Pára	Estrada	Atrito
Agulha de Bússola	Gira na direção norte	Terra	Magnética
Feixe de gotas de tinta de uma impressora	Deflete	Capacitor	Elétrica
Balão de hélio	Sobe do solo	Ar	Flutuação

Fonte: Resnick, Halliday e Krane (2003, p. 47)

Quando a atividade foi inserida na intervenção pedagógica, pensei que seria “fácil” para os alunos, uma vez que solicitava a interpretação dos dados coletados durante as visitas de campo e as entrevistas com os farinheiros para serem inseridas no Quadro. Porém, sua execução, em sala de aula, foi um desafio:

Uma situação interessante do encontro foi que os alunos lembravam como eram as etapas da fabricação, mas tiveram dificuldade em associá-la a uma força, eles têm dificuldade em diferenciar a força em física escolar com a força física necessária a execução da tarefa. Este fato me faz repensar se a intervenção está atingindo seus objetivos, e se meu problema será resolvido. Mas isso não fará desistir da intervenção, é preciso instigar os alunos para que olhem além da fabricação e dos exemplos do livro didático (DIÁRIO DE CAMPO DA PESQUISADORA, OBSERVAÇÃO EM 14/08/2015, ENCONTRO 07).

Ao verificar as dificuldades dos alunos em compreender o conceito de força e associá-lo às tarefas dos farinheiros, decidi instigá-los a refletirem sobre seus erros e acertos. Assim, a cada exposição de respostas, discutíamos os elementos e as formas como eles organizaram os dados. Na sequência, apliquei um questionário, segundo instrumento de avaliação, presente no Apêndice F, cuja análise, nesta seção, envolve as perguntas mais relevantes aos objetivos desta pesquisa, que correspondem aos itens 01, 03, 05 e 08.

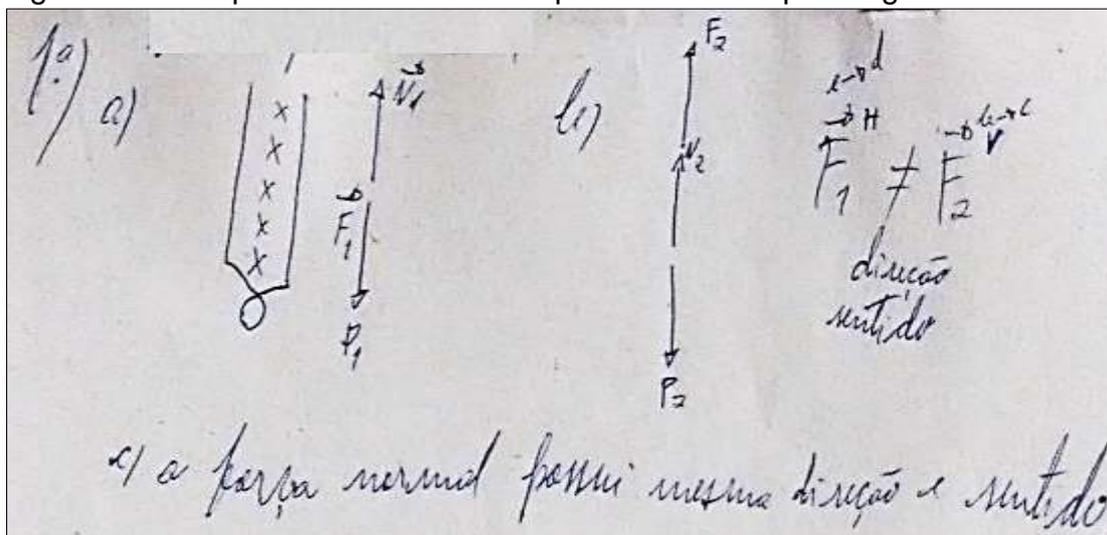
As questões abarcam diagramas de forças, que são representações esquemáticas da direção e sentido de todas as forças que atuam num corpo. O diagrama tem a finalidade de facilitar as análises das forças aplicadas num corpo, bem como favorecer o estudo do seu estado de equilíbrio, movimento ou repouso de acordo com o referencial adotado.

A Questão 01 trata da construção de diagramas de forças para a etapa de prensagem na qual se utiliza as prensas de tábuas e a do tipiti. Para a sua resolução, os alunos tinham que buscar nas explicações dos farinheiros os elementos que revelassem o uso de forças da Física Escolar a fim de esquematizar o diagrama.

Minha expectativa era que eles apresentassem um diagrama contendo um modelo de prensa no qual o tipiti estivesse suspenso e, dessa forma, teríamos a normal e o peso na massa de mandioca, mas o tipiti tem tensão

(esticamento) e peso. Ao analisar as respostas, constatei que 95% construíram um diagrama similar ao do Aluno 02, Figura 16; já 5% apresentaram um esquema análogo a um fluxograma produzido pelo Aluno 04, Figura 16.

Figura 16 – Respostas do Aluno 02 à questão sobre a prensagem



Fonte: Guia de atividade do Aluno 02 (OBSERVAÇÃO EM 21/08/2015)

O diagrama do Aluno 02 para a prensa de tipiti (1-a) descreve a força normal e o peso corretamente; contudo, a força \vec{F}_1 foi identificada no local errado. Ao ser questionado, ele afirmou que esta força diz respeito à estrutura de madeira que estica o tipiti, assim, a peça deveria estar no diagrama para que a análise tivesse sentido. Para 1-b, a descrição de \vec{F}_2 para o braço da alavanca localizou as forças no local incorreto; poderia ter sido feito o desenho de toda a prensa para que indicasse a força \vec{F}_1 ou \vec{F}_2 .

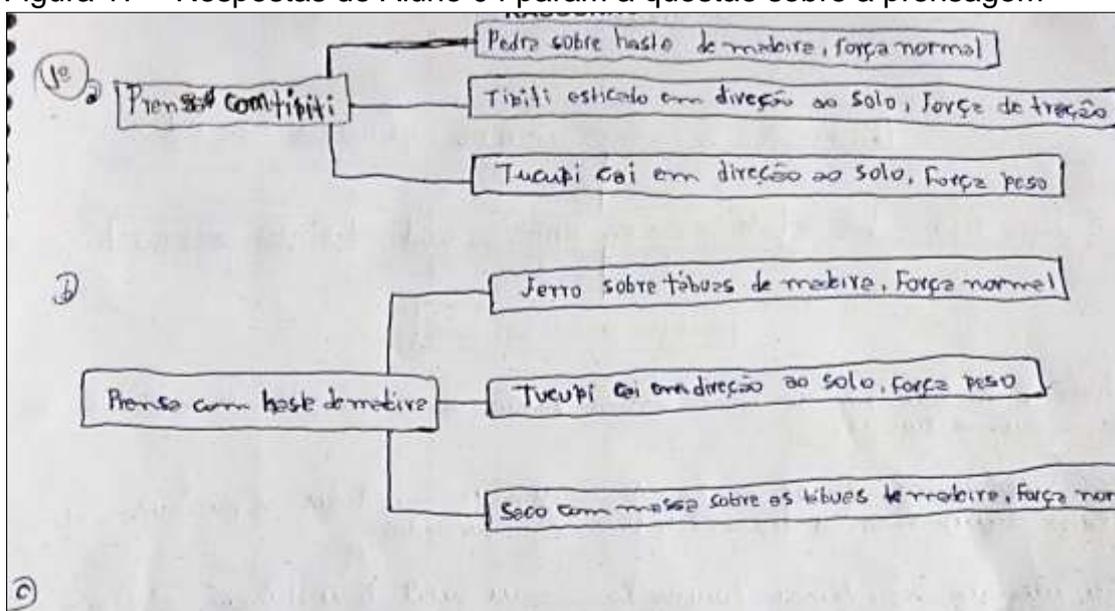
Mas, no item 1-c, eu esperava que o Aluno 02 respondesse que as forças peso e normal tinham a mesma direção e sentido em ambas as prensas, mas o fato é que \vec{F}_1 e \vec{F}_2 possuem direções e sentido diferentes. Contudo, ele afirmou que apenas a força normal tem a mesma direção e sentido nas prensas. Porém, das forças descritas, somente a normal esteve errada, uma vez que corpos suspensos não estão sujeitos a esse tipo de força.

A discussão que efetivei com alunos envolvendo os erros e acertos teve o propósito de sanar as dúvidas e minimizar as dificuldades. Estas foram relatadas pelo Aluno 02 em seu diário de campo, que, como a Aluna 05, afirmou que o fato de não ter participado de alguns encontros contribuiu para dificultar o acompanhamento das atividades. Porém, estas eram regularmente revisadas quando alguém da turma não comparecia à aula, uma forma de dar continuidade ao processo e manter todos os discentes em sintonia com a pesquisa.

Hoje a professora Fátima nos passou uma atividade na sala, nas últimas aulas eu não pude comparecer aos encontros e isso me prejudicou e com isso, sem ter um conhecimento sobre o assunto tive dificuldades em resolver as questões [...] (DIÁRIO DE CAMPO DO ALUNO 02, OBSERVAÇÃO EM 21/08/2016, ENCONTRO 08).

Por sua vez, o Aluno 4, Figura 17, não produziu o diagrama de força, mas interpretou o processo de prensagem, indicando os equipamentos, procedimentos e forças envolvidas, motivo pelo qual o avalei também. Para o item 1-a, por exemplo, as pedras que comprimem a madeira resultam em força normal; o tipiti, como um fio suspenso, está sujeito à tração; o tucupi caindo na Terra se deve à força peso. Portanto, as relações estabelecidas pelo aluno estão corretas embora não tenha feito um diagrama.

Figura 17 – Respostas do Aluno 04 para a questão sobre a prensagem



Fonte: Guias de Atividades do Aluno 04 (OBSERVAÇÃO EM 21/08/2015)

Ao avaliar as respostas do Aluno 04, constatei que ele apresentou um “esquema” que não corresponde a um diagrama de força. Contudo, a sua forma particular de solução é um modelo mental que facilitou sua compreensão, como afirmou quando o questionei sobre o certame. Segundo ele, seu modelo “é mais fácil para ver as coisas, aqui eu explico o que é e a força. Assim consigo entender melhor” (TRANSCRIÇÃO DO ÁUDIO DO ENCONTRO 08, OBSERVAÇÃO EM 21/08/2016). Este modelo mental é diferente dos sistemas físicos, porém é funcional e representa os elementos físicos. Corroborando este pensamento, Moreira e Lagreca (1998, p.83) declaram que,

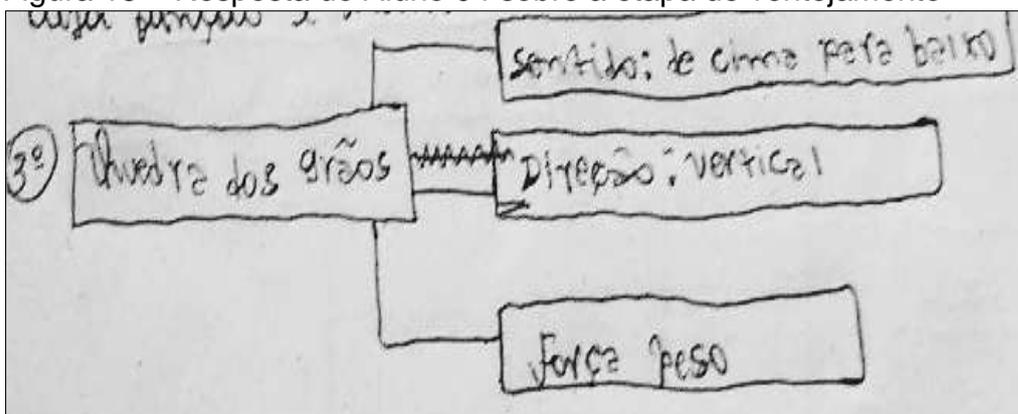
Assim como os físicos constroem modelos da natureza, os alunos também constroem seus modelos. Mas há uma diferença básica: os modelos físicos são modelos conceituais, isto é, modelos inventados por pesquisadores para facilitar a compreensão ou o ensino de sistemas físicos, são representações precisas, consistentes e completas de estados de coisas físicas. Porém, os modelos dos alunos, ou de qualquer indivíduo, inclusive os que criam modelos conceituais, são modelos mentais, ou seja, modelos que as pessoas constroem para representar estados de coisas físicas (bem como estados de coisas abstratas). Estes modelos não precisam ser tecnicamente acurados (e geralmente não o são), mas devem ser funcionais. Eles evoluem naturalmente. Interagindo com o sistema, a pessoa modifica seu modelo mental recursivamente a fim de alcançar e manter sua funcionalidade.

Para a Questão 3 do questionário sobre forças, os alunos foram instigados a refletir sobre a força que atuava na queda livre do cúí na etapa de vantejamento. A etapa corresponde ao processo em que o farinheiro jogou os grãos para cima, sendo que os maiores permaneceram no balaio⁶¹, e os menores foram ao solo. Para esta questão, a resposta correta que eu aguardava dos alunos era que, durante a queda, caso não houvesse resistência do ar, a única força atuante nos grãos seria a força peso (vetor vertical e para baixo). Contudo, no cotidiano, não é possível um movimento de queda livre, tendo em vista a influência da resistência do ar; mas, para uma queda de baixa altura em relação ao solo, despreza-se essa resistência.

⁶¹ O balaio é um cesto raso feito de folhas de algumas espécies de palmeiras.

Ao observar os diagramas produzidos, constatei que 90% dos alunos apresentaram para a queda do cú a força peso; e 10%, a força de tração. Nesse sentido, transcrevi três respostas que sintetizam as apresentadas pela turma. No primeiro caso, apresentado na Figura 18, o modelo do Aluno 04 descreve corretamente o sentido e a direção da força peso.

Figura 18 – Resposta do Aluno 04 sobre a etapa de vantejamento



Fonte: Guia de atividade do Aluno 04 (OBSERVAÇÃO EM 21/08/2015)

Ao analisar o diagrama do Aluno 02, Figura 19, *a priori*, não entendi as forças que ele descreveu, pois na queda não há força normal, e a origem da força \vec{F} é indeterminada. Diante disso, questionei-o estabelecendo o seguinte diálogo:

Pesquisadora: Aluno 02, por que tem força normal? E esta força \vec{F} ?

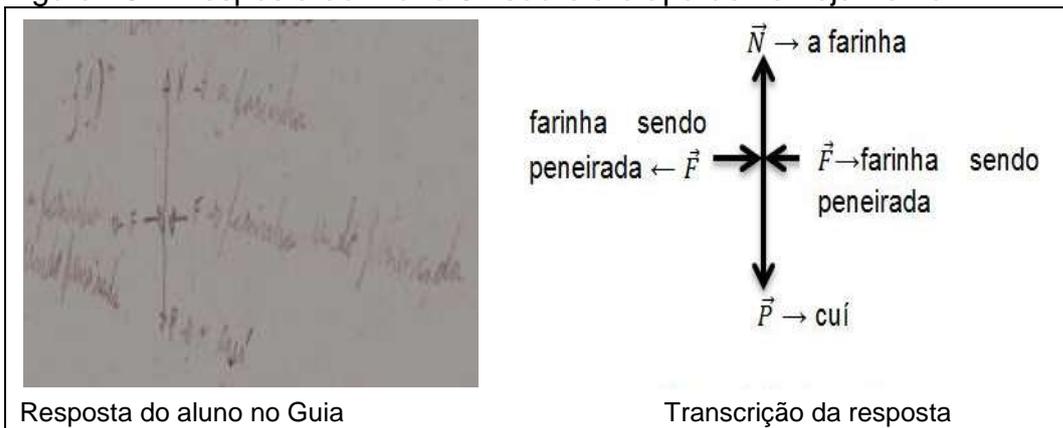
Aluno 02: Tem força normal porque a farinha tá no balaio, então quando tá sendo peneirada tem outra força. E quando cai no chão, tem o peso.

Pesquisadora: Aluno 02, a questão trata da etapa de vantejamento. É balaio ou peneira no vantejamento?

Aluno 02: É mesmo professora, eu me confundi, mas é só tirar \vec{N} e \vec{F} , que tá certo o esquema, é só o balaio.

(TRANSCRIÇÃO DO ÁUDIO DO ENCONTRO 08, OBSERVAÇÃO EM 21/08/2016).

Figura 19 – Resposta do Aluno 02 sobre a etapa de vantejamento



Resposta do aluno no Guia

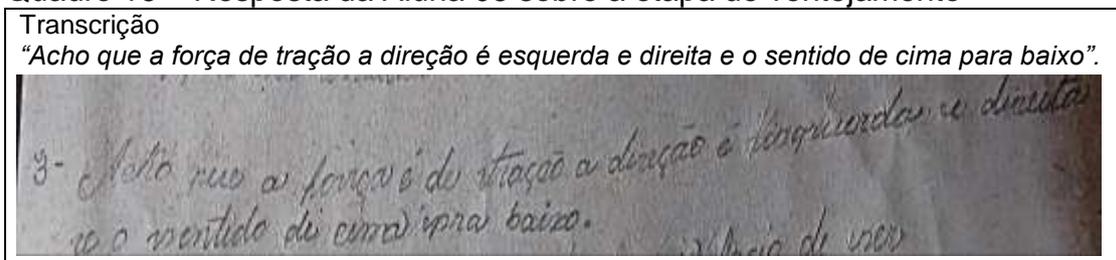
Transcrição da resposta

Fonte: Guia de atividade do Aluno 02 (OBSERVAÇÃO EM 21/08/2015)

Além disso, 10% dos alunos relataram a presença da força de tração, como a Aluna 05, Quadro 16. Ao questioná-la sobre a indicação de tal força, não obtive uma explicação lógica. Sua dificuldade, talvez em virtude de não ter comparecido em alguns encontros, era perceber que a tração só ocorre quando um corpo está sendo tracionado por um fio.

O fato é que a frequência nas atividades em sala aula permite acompanhar o aluno em suas dificuldades e necessidades específicas de ensino. Caso ele não compareça em algum encontro, cabe ao professor realizar revisões, propiciando-lhe a realização de atividades e acompanhamento na compreensão dos conteúdos da disciplina. Posto isso, é importante destacar que, ao perceber a dificuldade da Aluna 05, retomei a discussão sobre força de tração usando como exemplo a situação da prensa de tipiti.

Quadro 16 – Resposta da Aluna 05 sobre a etapa de vantejamento



Fonte: Guia de atividade da Aluna 05 (OBSERVAÇÃO EM 21/08/2015)

Na sequência, discuti com a turma as etapas de sovagem e peneiramento. A proposta da Questão 5 era que, em ambas, havia a aplicação da força normal referente à compressão dos materiais. Ao analisar os diários de campo e suas enunciações, percebi que a citada questão seria um desafio, pois cada aluno fez um diagrama diferente, no qual associou forças distintas para cada etapa. Além disso, constatei, em seus diagramas, as presenças das forças \vec{N} , \vec{P} e \vec{F} .

Assim, para o Aluno 02, Figura 20, tanto no peneiramento quanto na sovagem, havia \vec{N} , \vec{P} e \vec{F}_C , sendo que as diferenças entre os diagramas diziam respeito ao sentido e direção de \vec{F}_C . Entre os seus erros, encontra-se o sentido da força normal, que deve ser oposto à superfície de compressão. Em vista dos equívocos, questionei-o sobre as forças:

Pesquisadora: Aluno 02, por que há no peneiramento as forças \vec{N} , \vec{P} e \vec{F}_C ?

Aluno 02: O atrito cinético porque a mão do farinha movimentar a farinha para peneirar e quando ela cai na gamela tem a força peso. E a normal é porque o farinha fica empurrando a farinha na peneira.

Pesquisadora: e na sovagem?

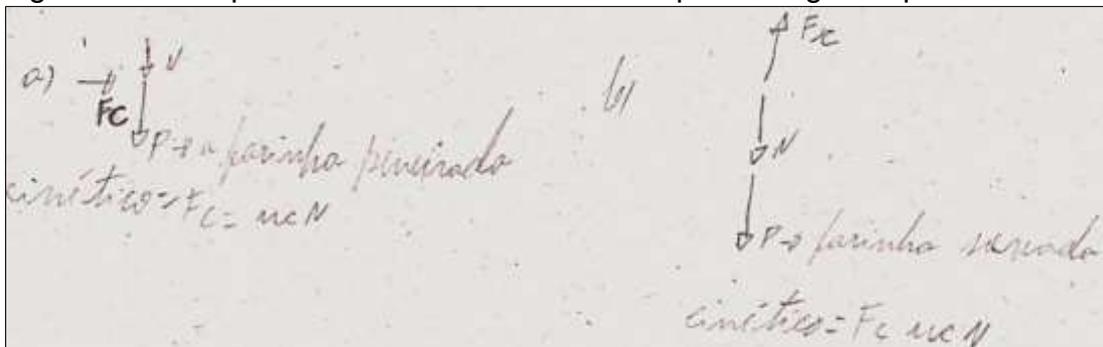
Aluno 02: O farinha tava com a tamboeira empurrando a mandioca lá no caititu acho que isso é força normal. E quando a mandioca passa da máquina e cai no cofo, é peso.

Pesquisador: E o atrito cinético?

Aluno 02: Acho que porque há movimento da mandioca na máquina deve ter essa força.

(TRANSCRIÇÃO DO ÁUDIO DO ENCONTRO 08, OBSERVAÇÃO EM 21/08/2016).

Figura 20 – Resposta do Aluno 02 sobre as etapas sovagem e peneiramento



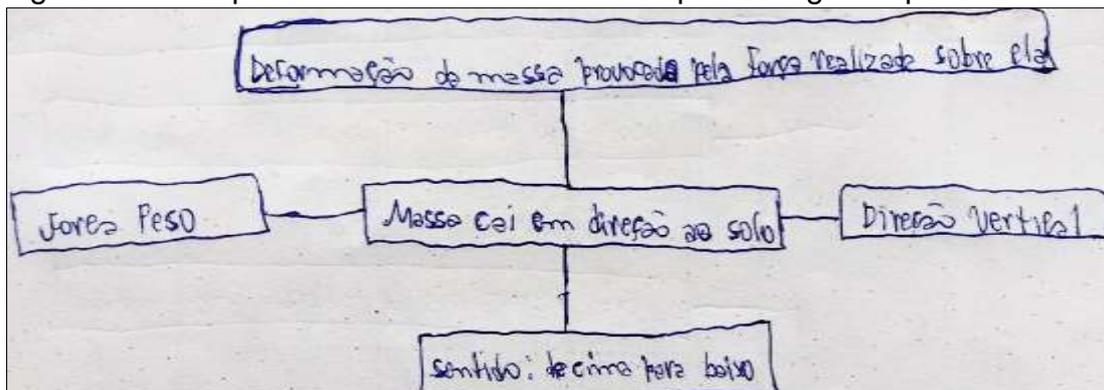
Fonte: Guia de atividade do Aluno 02 (OBSERVAÇÃO EM 21/08/2015)

Ao ouvir as explicações do Aluno 2, percebi que persistiam as concepções instintivas de que todo corpo em movimento está sujeito a uma força de atrito cinético. Neste caso, ele avaliou as situações de movimento da farinha dentro dos equipamentos quando elas estavam em contato. Tal força é possível, pois o atrito se deve à rugosidade das superfícies de contato, que, quando deslizam (esfregam ou escorregam) umas das outras, interpenetram-se, provocando uma resistência ao movimento relativo. Já na Questão 5, busquei analisar a força normal em ambas as etapas da fabricação, na qual o discente se enganou sobre o sentido da força, mas a reconheceu nos processos.

Por sua vez, a interpretação da Questão 5 do Aluno 4, Figura 21, refere-se à queda dos grãos e à força peso. Ao ser por mim questionado sobre sua resposta, comentou que a pergunta tratava da massa caindo em direção ao solo; logo, só havia uma explicação: força peso em ambas as etapas da fabricação de farinha. Porém, após ouvir minha explicação, ele respondeu, oralmente, sobre a força normal.

É relevante destacar que o professor, ao constatar a dificuldade do aluno em interpretar uma questão, deve analisar se ela foi construída com clareza, para, assim, favorecer a obtenção de uma resposta correta. Portanto, cabe-lhe questionar o educando, caso este responda à pergunta incorretamente, e verificar se a interpretação de ambos é a mesma, para, então, empregar ou não outras palavras ou argumentos que contribuam para o entendimento.

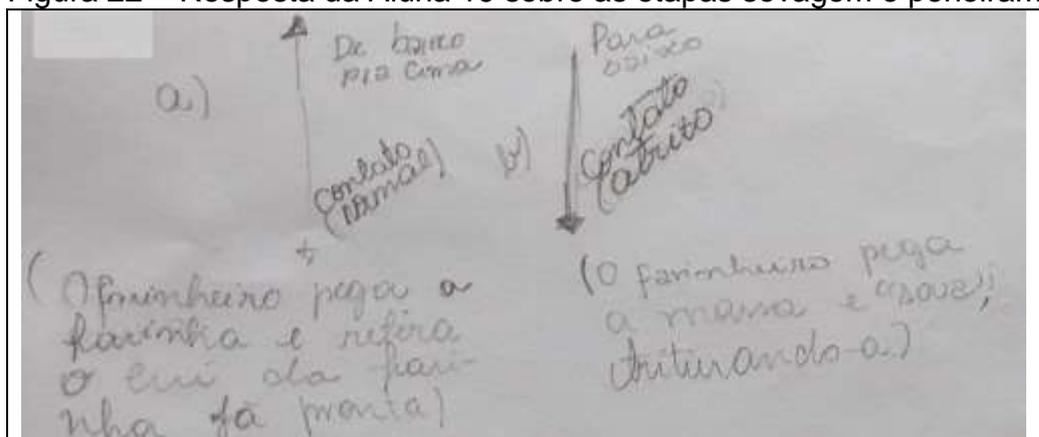
Figura 21 – Resposta do Aluno 04 sobre as etapas sovaagem e peneiramento



Fonte: Guia de atividade do Aluno 04 (OBSERVAÇÃO EM 21/08/2015)

Outra resposta pertinente foi apresentada pela Aluna 19, Figura 21, para o item 5-a, já que fez a ilustração correta da força normal, embora construísse duas setas para ser orientada. Questionada sobre estas, respondeu-me haver uma força normal para baixo e outra para cima, o que pode nos remeter ao par ação e reação, pois a massa comprime a peneira com \vec{N}_1 ; e esta, aquela com \vec{N}_2 . Para o item 5-b, ao relatar sobre força de atrito, a nomeada discente deu a mesma explicação que o Aluno 02.

Figura 22 – Resposta da Aluna 19 sobre as etapas sovaagem e peneiramento



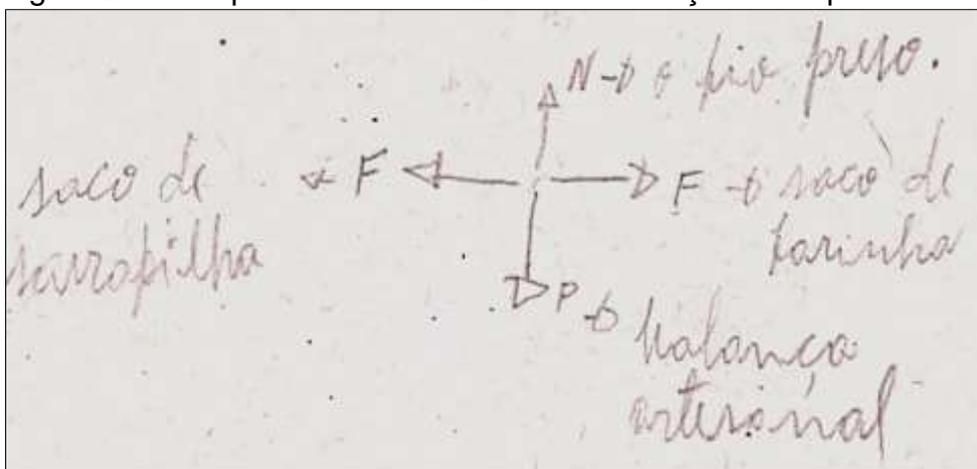
Fonte: Guia de atividade da Aluna 19 (OBSERVAÇÃO EM 21/08/2015)

Em seu diário de campo, A Aluna 19 relatou as dificuldades em realizar a atividade ao escrever que “no encontro de hoje, fizemos uma atividade na

qual se tratava dos processos de farinha, para responder tive algumas dificuldades [...]. No entanto foi muito produtivo” (DIÁRIO DE CAMPO DA ALUNA 19, OBSERVAÇÃO EM 21/08/2015, ENCONT). Visando sanar tais dificuldades, no decorrer dos encontros, instigava-a a explicar cada indicação de força, sempre considerando suas respostas.

A questão 8, que trata do processo de medição do alqueire por meio de uma balança, foi significativa para esta pesquisa. Neste caso, utiliza-se uma balança manual e artesanal de dois braços, cujas forças que a equilibram indicam que as massas dos objetos são iguais. Assim, propus aos alunos que refletissem sobre as forças de tração e peso presentes na utilização da balança. Nas respostas à citada questão, percebi que nenhum aluno apresentou um diagrama correto, embora algumas delas tenham merecido uma análise, como a do Aluno 02, Figura 23, que é similar ao diagrama feito para a Questão 02. Das forças descritas pelo nomeado discente, somente o peso está presente na balança artesanal.

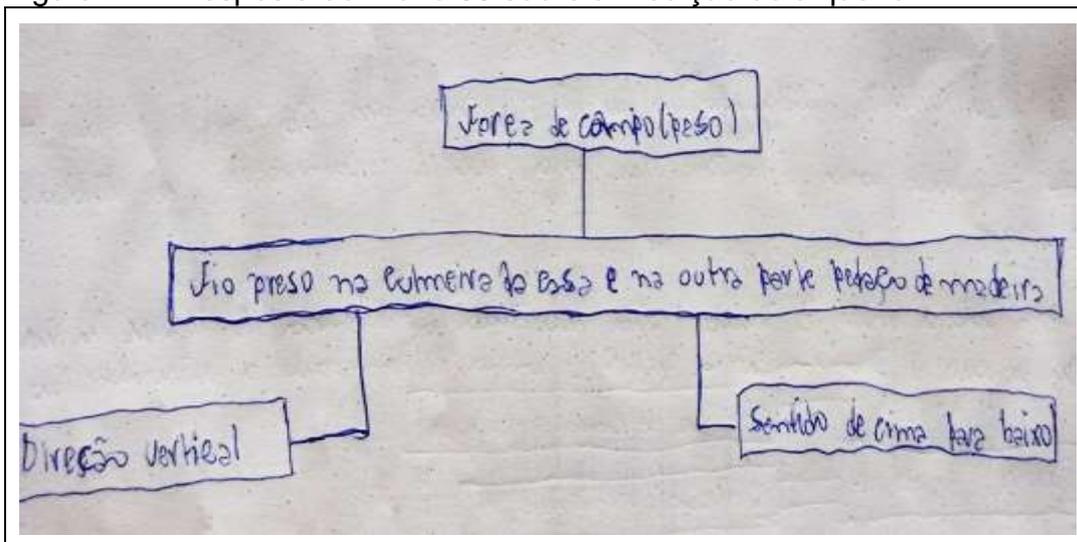
Figura 23 – Resposta do Aluno 02 sobre a medição do alqueire



Fonte: Guia de atividade do Aluno 02 (OBSERVAÇÃO EM 21/08/2015)

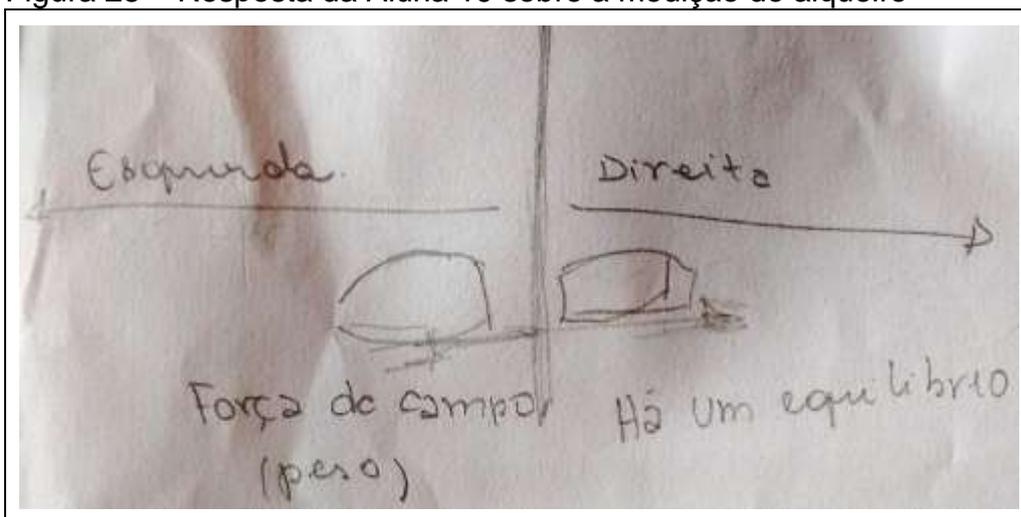
O Aluno 04, em sua interpretação do funcionamento da balança, Figura 24, também acertou a força peso, assim como a Aluna 19, Figura 25, sendo que, em ambos os casos, as demais informações estão incorretas.

Figura 24 – Resposta do Aluno 05 sobre a medição do alqueiro



Fonte: Guia de atividade do Aluno 05 (OBSERVAÇÃO EM 21/08/2015)

Figura 25 – Resposta da Aluna 19 sobre a medição do alqueiro



Fonte: Guia de atividade da Aluna 19 (OBSERVAÇÃO EM 21/08/2015)

As respostas da Questão 8 desses alunos são uma síntese das da turma. Nelas, são perceptíveis as dificuldades que eles tinham em determinar as forças que agiam na balança. Consequentemente, precisei explicar o funcionamento deste equipamento, descrito na Figura 26, partindo da descrição do Farinheiro 9:

A gente pendura a balança aqui (cumeira) e coloca de um lado o saco com as pedras, que dá 30 quilos. Deste lado aqui, a gente coloca o saco da farinha. Aí, quando a vara (haste de madeira) tá esticada, num tá pro lado nem pro outro, aí a farinha tá pesada certinho

(TRANSCRIÇÃO DO ÁUDIO DO ENCONTRO 05, OBSERVAÇÃO EM 29/05/2015).

Figura 26 – Funcionamento da balança artesanal da casa de forno



Fonte: Registro fotográfico da visita de campo (OBSERVAÇÃO EM 29/05/2015)

Para Halliday, Resnick e Walker (2009a), a corda que suspende a madeira e as massas (farinha e pedras) está sujeita a uma força de tração na qual a velocidade é nula e, como não há aceleração, o sistema está equilibrado. A força de tração da corda, em módulo, é igual à força peso que atrai as massas para baixo. O modelo matemático para determinar o módulo da força de tração seria $\sum F = \vec{T} - \vec{P} = 0 \rightarrow \vec{T} = \vec{P} = mg$. Considerando que a corda é fina, não se estica, podendo ocasionar o rompimento da massa.

A partir da lista de questões 3 (Apêndice F), consegui discutir com os alunos algumas etapas da fabricação de farinha e suas relações com a força da Física Escolar. Porém, ao primar o ensino por meio da etnofísica, constatei suas dificuldades em compreender o conceito de força. Conforme Silva Júnior (2011, p. 2),

[...] para haver um ensino efetivo, não é possível ignorar a bagagem conceitual que o aluno traz ao deparar com o ensino formal de Física na escola. A pesquisa na área também já mostrou que as concepções alternativas resultam muito resistentes à mudança, persistindo mesmo após uma longa instrução científica. Onde as superações de tais concepções exigem que os alunos se

conscientizem delas e que os mesmos sejam analisados e discutidos em sala de aula [...].

Ainda sobre o processo de resistência dos alunos em mudar suas concepções intuitivas sobre a força, penso ser necessário fornecer-lhes mecanismos para que possam socializá-las e, ao mesmo tempo, instigá-los a questioná-las. Corroborando esta ideia, Jardim e Blanch (2002, p. 103) afirmam que o professor deve oportunizar

[...] momentos em que o aluno pôde explicitar suas concepções alternativas sobre movimento e força, comparando-as com os conceitos cientificamente aceitos, e as aulas nas quais foram feitas reconciliações integrativas dos conteúdos mostraram-se suficientes para provocar, nos alunos, mudanças conceituais normalmente não são conseguidas com os procedimentos metodológicos tradicionais (aulas apenas teóricas com resolução de exercícios numéricos). O processo de mudança de concepções alternativas é um processo contínuo e lento que apresenta momentos de retrocesso em seu caminhar. É fundamental inculcar nos alunos a semente da dúvida, da não certeza de que as suas impressões iniciais são suficientes para explicar os fenômenos físicos encontrados em suas vidas [...].

Cumprido reiterar que, nos encontros, os alunos demonstraram dificuldades em aprender sobre a força da Física Escolar a partir da estratégia de ensino baseada na etnofísica. Contudo, a pesquisa propiciou momentos de observação dos conhecimentos populares farinheiros e o estabelecimento de possíveis relações com os escolares, primando pelo conceito de força.

Os momentos de discussões e reflexões buscaram ressignificar as concepções intuitivas dos alunos, pois, conforme Freire (1996), ensinar não é só transferir conhecimento, mas também testemunhá-lo e vivê-lo. A vivência diária dos estudantes em sala de aula e nas casas de forno pode propiciar momentos de ressignificação dos saberes, embora não seja uma tarefa fácil, mas complexa. De acordo com Knijnik et al. (2012, p. 71-72),

[...] a complexidade da operação de transferência de significados implica no enunciado que diz ser importante trazer a “realidade” para o espaço escolar para possibilitar que os conteúdos matemáticos ganhem significado permite-nos problematizar a vontade de “realidade” que habita cada um de nós, ou seja, a busca pela harmonia e pela sintonia com a “realidade” traduzida pela necessidade de estabelecer ligações entre a Matemática Escolar e a “vida real” (grifo dos autores).

Diante dos erros e acertos dos alunos no estabelecimento do elo entre a Física Popular e a Física Escolar, de forma a contextualizar os saberes dos

farinheiros aos tipos de forças, cabe expor a opinião de alguns deles quanto à pesquisa e ao que aprenderam. Tais concepções foram registradas em seus diários de campo.

Aluno 02: Hoje foi o nosso último encontro [...]. Foi uma boa experiência esses dez encontros com a professora. Além do conhecimento sobre física que irá me ajudar aqui no campus, e por ter feito as visitas de campo onde conheci lugares novos e ter aprendido sobre a produção de farinha que fazia e até hoje faz parte da economia e da cultura de muitas pessoas.

Aluno 04: [...] Esse projeto foi muito interessante, pois, através dele, conseguimos identificar os diversos tipos de forças que são aplicadas na fabricação de farinha em nosso cotidiano. Foram legais as aulas teóricas, onde realizamos alguns experimentos e também as visitas de campo onde conseguimos identificar com mais clareza as forças e as etapas do processo de produção da farinha de mandioca. Foi muito importante a participação da professora, pois nos auxiliou, tirou dúvidas e explicou com clareza os assuntos tratados nos encontros.

Aluna 19: Dando término ao projeto no décimo encontro. Este projeto foi importante para o nosso aprendizado, alguns deslizes e problemas acarretaram alguns atrasos, porém conseguimos concluir de forma positiva as visitas de campo, atividades, experiência e entre outros tiveram grande contribuição e nossa querida orientadora que nos guiou até o fim e nos incentivou a não desistirmos, apesar da falta de tempo, muitas vezes, seria ótimo se o projeto continuasse com outras turmas [...].

(DIÁRIO DE CAMPO DOS ALUNOS, OBSERVAÇÃO EM 04/09/2015, ENCONTRO 10).

Nesta seção, os saberes da cultura de fabricação de farinha foram apreciados na perspectiva dos farinheiros e dos alunos a fim de relacionar a Física Popular com a Escolar para o ensino de força. Contudo, nos últimos encontros, nos quais realizei atividades com o propósito de identificar a força em cada etapa da fabricação, percebi que os alunos tinham dificuldades em compreender o seu conceito e representação por meio de diagramas das forças.

Outro fato relevante é que, ao explicarem os erros, eles procuravam relatar as práticas dos farinheiros observadas nas visitas de campo e suas relações com as forças abordadas em sala de aula. Superar tais dificuldades, segundo Jardim e Blanch (2002, p. 103), é um “[...] processo contínuo e lento que apresenta momentos de retrocesso em seu caminhar [...]”. Deste modo, a pesquisa foi a semente da dúvida para que os discentes percebessem que a Física Escolar pode ser contextualizada com a Física Popular, com seus conhecimentos intuitivos e modos de ser, ver e fazer dos farinheiros.

5 ALGUMAS CONSIDERAÇÕES

O saber etnofísico não se restringe aos construtores de canoas. Ele faz parte do modo de perceber, interpretar e expressar de uma classe especial de trabalhadores: os mestres de ofício, ou seja, profissionais que possuem larga expertise em mobilizar saberes em ocupações fundamentalmente procedimentais (SOUZA; SILVEIRA, 2015, p.104).

O desenvolvimento da minha pesquisa ocorreu no IFMA, *Campus Pinheiros*, com os alunos do Curso Integrado Técnico em Administração, cujo objetivo foi analisar as contribuições pedagógicas dos elementos da Física Popular dos farinheiros para o ensino de força da Física Escolar. Nesse sentido, descrevi meu aporte teórico baseada nas contribuições da etnociência, etnomatemática e etnofísica para o ensino, bem como o estudo de temas da Física Escolar.

Como metodologia, utilizei a abordagem qualitativa, associada ao estudo de caso, no qual coletei os dados por meio de guias de atividades, diários de campo, registro fotográfico, transcrição do áudio dos encontros. Em cada um desses instrumentos de coleta, busquei subsídios para atingir o objetivo da pesquisa, citei as informações que contribuíram para as discussões dos saberes dos farinheiros e dos alunos à luz dos saberes escolares tanto da Física quanto da Química, Biologia, entre outros.

Ao tecer algumas considerações sobre a pesquisa que desenvolvi, concordo com Prudente (2010a, p. 10) quando assevera que “[...] a Etnofísica muda o foco, fomentando a correlação entre a teoria que representa o fenômeno físico e sua concepção por quem se vê estimulado a se apropriar dessa teoria [...]”. Ou seja, os alunos perceberam que as atividades que faziam

parte dos ofícios dos farinheiros podiam ser relacionadas com os conhecimentos escolares, particularmente com os da Física.

Durante a intervenção pedagógica, procurei demonstrar à turma que tanto os saberes dos farinheiros quanto os escolares estavam corretos dentro da sua própria conjuntura. Portanto, não os julguei certos ou errados, ou um superior ao outro, pois ambos faziam parte de um ambiente específico, que serviam para explicar, entender e lidar com os fenômenos que os cercava. Assim, primei por estabelecer “pontes de conhecimento”, que mostraram as divergências e as semelhanças entre os contextos nos quais é possível a Física existir.

Cabe lembrar que, na presente pesquisa, fui norteada pela questão “Quais as contribuições pedagógicas dos elementos da Física Popular dos farinheiros para o ensino de força da Física Escolar”? Para respondê-la, estabeleci objetivos específicos, que considerei em cada encontro, e iniciei por operacionalizar com os conceitos e tipos de força da Física Escolar. Esta operação ocorreu mediante atividades em sala de aula, por meio das quais estimulei os alunos a pensarem e conceituarem a força como resultado da interação de contato ou a distância entre corpos.

Ao aplicar um questionário, verifiquei que algumas das respostas dos alunos tinham conhecimentos intuitivos, dos quais fiz uso nas discussões em sala de aula. Estas envolveram as semelhanças ou divergências que suas concepções tinham em relação às proposições do livro didático adotado na escola⁶². Dessa forma, percebi que eles buscavam elementos do seu cotidiano ou do livro para subsidiar suas respostas. Cumpre destacar que, em algumas situações, precisei intervir para auxiliá-los na reconstrução dos saberes, mas de maneira que eles entendessem o erro e, ao mesmo tempo, considerassem os seus conhecimentos. Não foi tarefa fácil, mas procurei usar palavras que demonstrassem que os contextos nos quais seus saberes estavam inseridos, tornava-os corretos e passíveis de reconstrução.

⁶² No IFMA *Campus* Pinheiro, foi adotado o livro de Física do Ensino Médio, de Xavier e Barreto Filho (2010), recomendado pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD, vinculado ao Ministério da Educação para a Física no Ensino Médio.

Com a intenção de levar os alunos a perceberem a interação eletromagnética, fiz uma demonstração experimental sobre a bússola. Entretanto, apenas alguns conseguiram executá-la com perfeição; os demais não imantaram suficientemente a agulha, não ocorrendo, assim, uma boa interação eletromagnética. Ao realizar o experimento, a turma verificou que, mesmo o ímã não estando em contato com a agulha, havia interação entre eles. Por sua vez, a realização da atividade foi relevante, pois, ao não conseguirem o efeito desejado, os educandos questionaram o motivo, comprovando que, embora simples, a demonstração despertou-lhes a curiosidade e, conseqüentemente, a persistirem na execução da tarefa.

Posteriormente, utilizando o método POE, apresentei o experimento foguete de balões, que envolvia força. Os alunos previram que o balão faria uma trajetória na sala e outra ao ar livre. Diante disso, constatei que eles não haviam entendido o experimento, mas não os corriji, já que interpretar as informações também faz parte dos processos de ensino e aprendizagem.

O experimento foi realizado nos dois ambientes - da sala de aula e ar livre - onde discutimos sobre o motivo de o balão não se mover. Nesse momento, abordei o conceito e tipos de forças, dizendo-lhes que estas eram resultado da interação dos corpos e que tinham como efeitos a deformação, alteração no estado de movimento ou repouso e manter o equilíbrio de corpos. Além disso, utilizei outros experimentos para que os alunos operacionalizassem com os conceitos e tipos de forças da Física Escolar.

Nas visitas de campo, em que o objetivo era identificar como ocorria o processo de fabricação da farinha de mandioca mediante os saberes dos farinheiros e dos alunos, instruí os últimos a entrevistarem as pessoas mais experientes, cujos saberes foram otimizados ao longo da prática da fabricação de farinha, pois conforme Chassot (2008, p.10), “[...] a escola precisa aprender a valorizar os mais velhos e os não letrados como fontes de conhecimentos que podem ser levados à sala de aula [...]”. Assim, caberia, conforme Pinheiro e Giordan (2010, p. 379), um

[...] tratamento teórico e metodológico de uma manifestação cultural de tal forma a identificá-la como etnociência e promover sua mediação em sala de aula, no sentido de dispô-la como saber capaz

de dialogar com o conhecimento científico e com os significados construídos por alunos e professores [...].

Os farinhaes usavam diariamente o conhecimento de Física, que envolvia mecânica, temperatura, estações do ano, separação de substâncias, engenharia, entre outras. A fabricação de farinha permitiu a mim, pesquisadora, e aos alunos, estabelecer ligações entre os saberes dos citados profissionais e os da Física. Colaborando com esta ideia, Anacleto (2007, p. 80-81), ao tratar da lavoura de arroz, reitera que,

[...] na prática, parecem usar e conhecer muitos princípios utilizados pela Física, para a explicação da realidade, mas não são conhecedores do jargão científico ou acadêmico próprio desta Ciência, ora por não ter tido suficiente tempo de escolarização, ora por não ter encontrado no ambiente escolar as ligações necessárias para que, tanto a Física quanto a Matemática, pudessem ser reveladas como parte integrante de suas vivências [...].

Dessa forma, por meio das entrevistas e roteiros de investigação, os alunos coletaram informações sobre a fabricação de farinha, as quais discutimos em sala de aula. Com estes dados, verifiquei quais os principais elementos da fabricação de farinha convergiam ou não com as perspectivas dos educandos (conhecimentos prévios sobre a atividade) em relação aos farinhaes tanto nas suas práticas nas casas de forno quanto nas palavras empregadas nas respostas às entrevistas. Ademais, analisamos os saberes dos modos artesanal e industrial e, neste contexto, percebemos diferenças na maneira de fazer e nos saberes necessários para operar em cada um dos instrumentos da casa.

Ao reunir os alunos para tratar dos dados coletados, percebi que emergiram outras formas de saberes, que foram além do ensino de força da Física Escolar. Destaco que os farinhaes possuíam conhecimentos sobre a separação de misturas (sólido-líquido e sólido-sólido); a temperatura e calor no processo de brotação/desenvolvimento e fermentação da mandioca; a influência da localização geográfica nas condições climáticas; a densidade e empuxo para flutuação da mandioca; a pressão entre os sólidos. Além disso, estendiam a Matemática às unidades de medidas, inseridas nos conteúdos escolares, o alqueiro, a saca, as três linhas. Essas medidas, conforme Damasceno (2005, p. 97-98, grifo do autor), são

Uma vasta riqueza de dados sobre os *sistemas de medidas* utilizadas pelos produtores de farinha, cuja utilização ocorre nas mais diversas atividades ligadas a esta cultura, envolvendo desde as *técnicas de plantação* – como formas de medir terrenos, medir as distâncias de plantação e saber o tempo de plantar e colher. Além disso, encontramos inúmeros processos de verificar quantidades volumétricas no momento de *fazer a farinha*; e ainda medidas volumétricas na comercialização dos subprodutos manufaturados da mandioca.

Esses sistemas de medidas particulares dos farinheiros me fizeram repensar os planos pedagógicos da escola, que, em alguns casos, têm primado pelos temas propostos pelos PCNEM, bem como os descritos nos livros didáticos adotados por cada professor. Será que os sistemas que fazem parte do cotidiano dos alunos não poderiam também ser inseridos nos planos? É uma das muitas questões para a qual, enquanto licenciada e pesquisadora, ainda não encontrei uma resposta. Contudo, a pesquisa me permitiu plantar uma semente e dúvida e apresentar uma possibilidade de inserção em sala de aula.

Ainda sobre a intervenção pedagógica, considero que, para a atuação em sala de aula, fez-se necessário escolher um tema que descrevesse os elementos da Física Popular do processo de fabricação da farinha e contextualizá-los com o estudo de forças da Física Escolar. Feita a opção, apliquei questionários aos alunos sobre as etapas da fabricação e quais as forças que produziram efeitos.

Inicialmente, os discentes demonstraram dificuldades em responder ao questionário, momento em que percebi que eles conheciam o processo e os efeitos das forças, mas não conseguiam conectá-los. Utilizei as suas respostas erradas para questioná-los sobre os motivos da indicação de determinada força para a etapa da fabricação, como, por exemplo, a força peso quando deveria ser a normal, ou tração em situações onde não havia um fio. Dessa forma, conseguiram interligar corretamente o processo à força.

No primeiro questionário, solicitei que determinassem o objeto, o efeito da força, os corpos que interagem com o objeto para produzir a força, se era uma interação de contato ou de campo e força. Na análise das respostas, constatei que conheciam os objetos, sabiam qual era o tipo de interação, mas o

efeito e o tipo de força tiveram dificuldades em determinar. Então, abordei com eles cada uma de suas respostas, e discutimos os erros visando à reconstrução do conhecimento, ou, no caso das corretas, ratificá-las.

No segundo questionário, reivindiquei a apresentação dos diagramas de forças para as etapas de prensagem, ventejamento, sovagem, peneiramento, medição do alqueiro. Para alguns discentes, as dificuldades persistiam, mas outros demonstravam avanços, bem como trocavam saberes entre si. Em relação à persistência das dificuldades, conforme Perez, Rosa e Darroz (2012), elas continuam mesmo com um ensino sobre forças e movimentos, pois são reflexos dos conhecimentos intuitivos dos alunos e resistentes a mudanças conceituais.

Cabe enfatizar que quebrar a resistência dos saberes dos alunos não foi uma tarefa fácil, tampouco foi concluída com esta intervenção, mas o primeiro passo para que eles percebessem a possibilidade de os saberes culturais dos farinhaes fazerem parte da sala de aula. Além disso, compreenderam que a etnofísica pode contribuir para os processos de ensino e aprendizagem, pois permitiu que as atividades transcendessem os muros da escola. Portanto, ela se baseia na contextualização dos fenômenos físicos mediante os saberes dos alunos, contidos em suas formas de ver, sentir, entender, explicar, viver. Ademais, prezei um conteúdo no qual a cultura e o cotidiano dos alunos estivessem intrínsecos, que foram os efeitos das forças. Nesse sentido, Prudente (2013b, p. 52) afirma que a etnofísica é um meio

[...] para expressar a apropriação das concepções populares acerca do conhecimento físico e dos diversos saberes que rodeiam os aprendentes, assim como de seus hábitos, valores e comportamentos, para que se possa refletir sobre eles e neles atuar [...].

Por meio da intervenção pedagógica, além da contextualização dos saberes da cultura de fabricação de farinha, também procurei, com os alunos, superar a “matematização da Física”. Não excluí as fórmulas matemáticas, tampouco as menosprezei; busquei relacionar os fenômenos físicos com os conhecimentos dos discentes e farinhaes. Assim, considero esta pesquisa importante, porque, “[...] numa perspectiva Etnofísica, os estudantes tendem a

ter outra concepção sobre a própria Física, que não aquela de uma ciência difícil e cheia de fórmulas [...]” (SOUZA, 2013, p. 104).

Além da aplicação do questionário sobre a fabricação de farinha de mandioca e sua contextualização com o estudo de forças, abordei questões dos livros didáticos, as quais continham situações semelhantes às etapas da fabricação. Os alunos conseguiram desenvolver a atividade, embora alguns demonstrassem dificuldades em compreender o estudo de força, motivo pelo qual estimulei-os a refletir sobre as situações discutidas nos encontros anteriores. Para isso, comparei as perguntas dos questionários para que compreendessem que, em ambas as situações, foi possível observar o efeito da mesma força. Por exemplo, quando indaguei sobre a força envolvida na queda do cú e o lançamento da esfera a partir de determinada altura, nos dois casos, observamos os efeitos da força peso.

As atividades em sala de aula e as visitas de campos nas casas de forno de Pinheiro permitiram que eu percebesse que os elementos da Química, Matemática, Sociologia, História, Língua Portuguesa, entre outros, estavam intrínsecos aos saberes dos farinheiros. A forma como estes se expressavam e realizavam a fabricação mostraram as semelhanças e as divergências entre o saber escolar e o popular.

Ao concluir esta pesquisa, acredito na sua relevância para o ensino de Física, pois analisei as contribuições pedagógicas dos elementos da Física Popular dos farinheiros para o ensino de força da Física Escolar. Este trabalho não rendeu apenas o texto desta dissertação; forneceu dados importantes que já foram apresentados em alguns eventos⁶³. Em Pinheiro, na Semana de Meio Ambiente da UFMA, foquei os saberes dos farinheiros e sua relação com o meio ambiente. Nos trabalhos apresentados em São Luís, no Encontro de Pós-graduação e Workshop PROEX, ambos do IFMA, abordei a intervenção pedagógica e sua contribuição para o ensino de Física, onde fui classificada em 1º lugar no Encontro de Pós-Graduação para a categoria mestrado para a área de Ciências Exatas. Em Rio Branco, no Congresso promovido pelo

⁶³ No Apêndice J, fiz uma descrição dos eventos e publicações oriundos desta intervenção pedagógica sobre os saberes dos farinheiros e suas relações com os saberes da Física Escolar.

Instituto Federal do Acre, apresentei uma possibilidade de ensino a partir do funcionamento das prensas (de madeira e de tipiti).

No IFMA, *Campus* Pinheiro, ainda não observei mudanças no ensino de Física, mas os alunos, após a intervenção, relataram que aprenderam sobre mecânica, cujo conhecimento foi importante para o desenvolvimento das atividades propostas pela professora titular. Assim, a minha pesquisa foi uma “semente” que levou a docente a buscar no cotidiano dos seus discentes os elementos que pudessem ser contextualizados com os saberes escolares. Cabe destacar que pretendo realizar pesquisas sobre os conhecimentos dos farinheiros com outras turmas, pois já fui questionada por várias delas sobre isso.

Além disso, tenciono, por meio de uma produção técnica, sugerir a outros docentes o desenvolvimento de trabalhos na perspectiva da etnofísica para o ensino. Enfim, existem outras “farinhas” que precisam ser degustadas e analisadas para que novos conhecimentos sejam descobertos, e os velhos, vistos com outros olhares. **É preciso “comer com os olhos”, saboreando a farinha com sapiência.**

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, E.R. de; SILVA, M.S.V. Uma abordagem reflexiva sobre a realização do trabalho prático de campo como instrumento de construção do conhecimento. **Anais...** II Simpósio Nacional do Ensino de Ciência e Tecnologia. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, artigo, 2010 v. 199, n. 7.

ALVES, A. A. C. Fisiologia da mandioca. In: SOUZA. L.S. **Aspectos socioeconômicos e agronômicos da mandioca**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2006. p. 138-169

AMARAL, L.; JAIGOBIND, A. G. A.; JAISINGH, S. **Processamento de mandioca**. Disponível em: <<http://respostatecnica.org.br/dossie-tecnico/downloadsDT/NjY=>>. Acesso em: 27 jan. 2015.

ANACLETO, B. S. **Etnofísica na lavoura de arroz**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós - Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Luterana do Brasil (Mestrado). 109 f. Canoas, 2007.

ARAÚJO, J. S. P.; LOPES, C. A. **Produção de farinha de mandioca na agricultura familiar**. Niterói: Programa Rio Rural, 2008.

BARBOSA, L. N. et al. Trilhas ecológicas temáticas: uma abordagem transversal utilizando o tema resíduos sólidos. **Destaques Acadêmicos**, v. 6, n. 3, 2014.

BARRETO, A. L. V.; MILTÃO, M. S. R. A compreensão dos fenômenos físicos sob a perspectiva das escolas famílias agrícolas. In: SEMINÁRIO DE

INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 15, 2011, Feira de Santana. **Anais...** Feira de Santana: UEFS, 2011. Disponível em: <www2.uefs.br/semic/upload/2011/2011XV-052ANA121-200.pdf>. Acesso em: 31 jul. 2014

BASTOS, A. R.; AFONSO, J. C.. Separação sólido-líquido: centrífugas e papéis de filtro. **Quim. Nova**, v. 38, n. 5, p. 749-756, 2015.

BRASIL. Ministério da Educação: Secretaria de Educação Fundamental. **PCN+ Ensino Médio**: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias. Brasília: MEC, SEMTEC, 2011a. Disponível em:<<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>. Acesso em: 01 fev. 2014.

BRASIL. Ministério da Educação: Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais**: Ensino Médio. Brasília: MEC, SEMTEC, 2000b. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>>. Acesso em: 09 jul. 2014.

_____. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pinheiro (MA)**. Disponível em: <<http://cod.ibge.gov.br/KOY>>. Acesso em: 28 jan. 2015c.

_____. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Mandioca**. Disponível em: <http://www.cnpmf.embrapa.br/index.php?p=pesquisaculturas_pesquisadas-mandioca.php>. Acesso em: 28 jan. 2015d.

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **VBP encerra 2014 com R\$ 463,9 bilhões**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/comunicacao/noticias/2015/01/vbp-encerra-2014-com-rs-463-bilhoes>>. Acesso em: 28 jan. 2015e.

_____. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão Campus Pinheiro. **Plano de Ensino do curso integrado Técnico em Administração**. Pinheiro: IFMA, 2012f.

_____. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão. **Resolução Nº 079**, de 19 de setembro de 2013 que trata da criação do curso integrado Técnico em Administração na forma integrada ao Ensino Médio no

IFMA Campus Pinheiro. Disponível em: < http://www.ifma.edu.br/gercon/sistema/upload_arquivos/reitoria/consup/resolucao2013/Resolucao_n_079.2013_-_Curso_Tecnico_em_Administracao_-_Campus_Pinheiro.PDF >. Acesso em: 28 abr. 2015g.

BRIGAGÃO, P. A. V.; SOUZA, L. E. S.; LOPES, J. R. A relevância da utilização de kits de baixo custo no ensino das Ciências e da Física. **Pesquisa em Ensino de Ciências e Matemática**: questões atuais, v. 1, n. 1, 2014.

CAETANO, A.C. **Culturas anuais**. (Adaptação para Educação a Distância por Rita de Cássia Meireles). Manaus: IFAM, 2012.

CARRON, W.; GUIMARÃES, O. **Física**: volume único. 2ª ed. São Paulo: Moderna, 2003.

CARVALHO, A. M. P. de; GIL-PÉREZ, D. **Formação de professores de Ciências**: tendências e inovações. 10ª ed. São Paulo: Cortez, 2011 (Coleção Questões da nossa época, v. 28).

CEREDA, M. P. **Processamento de Mandioca**: polvilho azedo, fécula, farinha e raspa. Viçosa: CPT, 2007. (Série Agroindústria, código 414).

CHASSOT, A. Fazendo educação em ciências em um curso de pedagogia com inclusão de saberes populares no currículo. **Química Nova na Escola**, v. 27, p. 9-12, 2008. Disponível em: <<http://www.qnesc.sbq.org.br/online/qnesc27/03-ibero-2.pdf>>. Acesso em: 21 nov. 2014.

CHISTÉ, R. C.; COHEN, K. O. Influência da fermentação na qualidade da farinha de mandioca do grupo d'água. **Revista Acta Amazonica, Manaus**, v. 41, n. 2, p. 279-284, 2011.

COSTA, J. M. G. **Caracterização física, secagem (fritura de imersão e leito fixo) e isoterma de dessecamento do bagaço de cana**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ciências dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras (Mestrado). 100f. Lavras, 2008.

COSTA, P. G. et al. Saberes etnoecológicos dos pescadores artesanais e alunos da planície alagável do alto rio Paraná. **REMEA-Revista Eletrônica do Mestrado de Educação Ambiental**, p. 86-96, 2014.

COSTA, R. G. A. Os saberes populares da etnociência no ensino das ciências naturais: uma proposta didática para aprendizagem significativa. **Revista Didática Sistêmica**, v.8, 2008, p.162-172. ISSN 1809-3108.

D'AMBROSIO, U. **Etnomatemática**: elo entre tradições e a modernidade. 5ª ed. Belo Horizonte: Autêntica Editora, 2013a. (Coleção Tendências em Educação Matemática, v. 1).

D'AMBROSIO, U. O Programa Etnomatemática: uma síntese. **Acta Scientiae**, v. 10, n. 1, p. 07-16, 2008b.

D'AMBROSIO, Ubiratan. Etnomatemática se ensina? **Rev. Bolema: Bol. Ed. Matemática**, v. 3, n. 4, p. 43-46, 1988c.

DAMASCENO, A. V. C. **A cultura da produção de farinha**: um estudo da matemática nos saberes dessa tradição. 2004. 155 f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2004.

FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia**: saberes necessários à prática educativa. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

FURTADO FILHO, D. **Da povoação do Pinheiro à princesa da baixada**: história cronológica do município de Pinheiro. São Luís: Editora do Autor, 2003.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4ª ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GIONGO, I. M. Etnomatemática e práticas da produção de calçados. In: KNIJNIK, G.; WANDERER, F.; OLIVEIRA, C. J. (Orgs.). **Etnomatemática, currículo e formação de professores**. 2. reimpressão, Santa Cruz do Sul: EDUNISC, 2010. p. 203-218.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de física: mecânica**. (Tradução e revisão técnica Ronaldo Sérgio de Biasi) 8ª ed. São Paulo: LTC, 2009a.v.1.

_____. **Fundamentos de física: gravitação, ondas e termodinâmica**. (Tradução e revisão técnica Ronaldo Sérgio de Biasi) 8ª ed. São Paulo: LTC, 2009b.v.2

HUNSCHE, S.; AULER, D. O professor no processo de construção de currículos: desafios no estágio curricular supervisionado em ensino de física. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 11, n. 1, p. 1-20, 2012.

JARDIM, M. I. A.; BLANCH, R. M. A. A compreensão da realidade através do conhecimento científico: concepções sobre a força e o movimento. **Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, vol. 6, núm. 3, 2002, pp. 87-104. Disponível em: <http://redalyc.org/articulo.oa?id=2606_0305>. Acesso em 18 mar. 2016.

KNIJNIK, G. Educação matemática, exclusão social e política do conhecimento. **Bolema**, Rio Claro, v. 14, n. 16, p. 12-28, 2001a.

_____. Currículo, etnomatemática e educação popular: um estudo em um assentamento do movimento sem-terra. **Currículo sem fronteiras**, v. 3, n. 1, p. 96-110, 2003b.

KNIJNIK, G. et al. **Etnomatemática em movimento**. Belo Horizonte: Autêntica, 2012. (Coleção Tendências em Educação Matemática, v. 25).

MINAYO, M. C. S. (org.). **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. 29ª ed. Petrópolis: Vozes, 2010. (Coleção temas sociais).

MONTEIRO, A. A Etnomatemática em Cenários de Escolarização: alguns elementos de reflexão. **Reflexão e Ação: Revista do Departamento de Educação/UNISC**. Vol. 10, n. 1 (jan./jun.2002). Santa Cruz do Sul: EDUNISC, 2002.p.93-108.

MOREIRA, M. A. Ensino de física no Brasil: retrospectivas e perspectivas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. v. 22, n. 1, p. 94-99, 2000.

MOREIRA, M. A.; LAGRECA, M. C. B. Representações Mentais dos Alunos Em Mecânica Clássica: Três Casos. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.3, n.2, p. 83-106, 1998.

NEVES, V. F. A. Pesquisa-ação e etnografia: caminhos cruzados. **Revista de práticas psicossociais**, v. 1, n. 1, 2006.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de física básica**. 4ª ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2002. (v. 1: mecânica).

OLIVEIRA, A. G. et al. Principais fatores que motivam os professores de ensino de Ciências e/ou Biologia do município de Aracaju, Sergipe a lecionarem. **Scientia Plena**, v. 5, n.3, 2009.

OLIVEIRA, J.P. **As maiores dificuldades enfrentadas pelos alunos do Ensino Médio na aprendizagem da disciplina de Física**. 2007. 41 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Física Ambiental) - Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Dourado, 2007.

PÉREZ, C. A. S.; ROSA, C. W.; DARROZ, L. M. Concepções alternativas em mecânica: um estudo de caso dos alunos de cursos de engenharia. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 31, n. 2, p. 79-90, 2012.

PINHEIRO, P. C.; GIORDAN, M. O preparo do sabão de cinzas em minas gerais, Brasil: do status de etnociência à sua mediação para a sala de aula utilizando um sistema hipermídia etnográfico. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 15, n. 2, p. 355-383, 2010.

PINHEIRO. **História**. Disponível em: <<http://www.pinheiro.ma.gov.br/?p=551>>. Acesso em: 28 jan. 2015.

PINTO, M. D. N.. **Mandioca e Farinha**: subsistência e tradição cultural. Série Encontros e Estudos. Seminário Alimentação e Cultura-Projeto Celebrações e Saberes da Cultura Popular. Centro Nacional de Folclore e Cultura Popular/FUNARTE/Secretaria do Patrimônio, Museus e Artes Plástico-Ministério da Cultura, 2002.

PRUDENTE, T. C. A. Etnofísica: uma estratégia de ação pedagógica possível para o ensino de física em turmas de EJA. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.6, N.10, 2010a.13 f.

_____. **Etnofísica e educação ambiental, um enlace possível no ensino de Física no Colégio Estadual Jardim Guanabara de Goiânia/GO**. Tese apresentada ao Doutorado em Ciências da Educação da Universidad Americana (Doutorado). 409f. Assunção, 2013b.

RESNICK, R.; HALLIDAY, D.; KRANE, K. S. **Física 1**. (Tradução de Pedro Manuel C. L. Pacheco, Marcelo A. Savi, Leydervan S. Xavier, Fernando R. da Silva). 5ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2003.

SANTOS, L. M. **Tópicos de história da física e da matemática**. Curitiba: IBPEX, 2009. (Coleção Metodologia do Ensino de Matemática e Física, v. 5).

SERRÃO, F. A. **Igreja de Santo Inácio de Loyola – Pinheiro (MA)**: mudanças arquitetônicas entre os anos de 1820 e dias atuais. Monografia apresentada ao curso Licenciatura em Artes Visuais da Universidade Federal do Maranhão (Graduação). 76 f. Pinheiro, 2013.

SILVA JÚNIOR, J. F. A Dificuldade do Aluno do Ensino Médio em Compreender o Conceito de Força, Movimento e Repouso. **Enciclopédia Temática**, 2011, 5p. Disponível em:<
http://www.knoow.net/cartpt/csh/dificuldade_compreend_fisica.htm>. Acesso em 17 mar. 2016.

SILVA, E. P.; COSTA, W. R. **Conceitos básicos aplicados em sistema de transmissões veiculares**. Monografia apresentada ao Curso de Eletrônica automotiva do Centro Paula Souza da Faculdade De Tecnologia (FATEC) Santo André (Tecnólogo). 71f. Santo André, 2012.

SILVA, F.J. P.; FRAXE, T.J. Saberes de populações tradicionais: etnociência em processos de bioconservação. **Contribuciones a las Ciencias Sociales**, n. 8, 2013.

SILVA, J. C. R. Alunos investigadores e a terminologia: uma intervenção pedagógica na perspectiva da etnofísica. IN: OLIVEIRA, E. C.; QUARTIERI, M. T. (Orgs). **Práticas docentes no ensino de Ciências e Matemática: possibilidades, reflexões e quebra de paradigmas**. Lajeado: Ed. da Univates, 2016. p.8-21.

SILVA, M. S.; RIBEIRO, D. M. S. Ensino de Física no Sertão: literatura de cordel como ferramenta didática. **Revista Semiárido de Visu**, v. 2, n. 1, p.231-240, 2012.

SOUZA, E. S. R.. Etnofísica, modelagem matemática, geometria... tudo no mesmo Manzuá. **Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas**, v. 9, n. 18, 2013, p.99-112.

SOUZA, E. S. R.; SILVEIRA, M. R. A. Etnofísica e linguagem. **Revista de Educação em Ciências e Matemática**. v.12, p.103-117, 2015.

TEIXEIRA, E. S.; BERNARTT, M. L.; TRINDADE, G. A. Estudos sobre Pedagogia da Alternância no Brasil: revisão de literatura e perspectivas para a pesquisa. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v.34, n.2, p. 227-242, maio/ago. 2008.

TIPLER, P. A.; MOSCA, G. **Física para cientista e engenheiros** (Tradução e revisão técnica Paulo Machado Mors). 6ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012. (v. 1: mecânica, oscilações ondas, termodinâmica).

VENQUIARUTO, L. D. et al. Saberes populares fazendo-se saberes escolares: um estudo envolvendo a produção artesanal do pão. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 33, n. 3, p. 135-141, 2011.

VENQUIARUTO, L. D.; DALLAGO, R. M.; DEL PINO, J. C. **Saberes populares fazendo-se saberes escolares**: um estudo envolvendo o pão, o vinho e a cachaça. Curitiba: Appris, 2014.

VILLATORE, A. M.; HIGA, I.; TYCHANOWICZ, S. D. **Didática e Avaliação em Física**. Curitiba: IBPEX, 2008. (Coleção Metodologia do Ensino de Matemática e Física, v. 2).

XAVIER, C. S.; BARRETO FILHO, B. **Física aula por aula**: mecânica. São Paulo: FTD, 2010. (Coleção Física Aula por Aula; v. 1).

YIN, R.K. **Estudo de caso**: planejamento e métodos. 3ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

ZACCARELLI, L. M.; GODOY, A. S. Perspectivas do uso de diários nas pesquisas em organizações. **Cadernos EBAPE. BR**, n. 3, p. 550-563, 2010.

ZANETIC, J. Física e cultura. **Ciência e Cultura**, v. 57, n. 3, p. 21-24, 2005. ISSN 2317-6660.

GLOSSÁRIO DE EXPRESSÕES REGIONAIS

Babaçu – é uma palmeira típica da região Norte e Nordeste do Brasil cujo fruto é denominado coco.

Beiju – é feito com a fécula da mandioca que em uma frigideira, coloca-se a fécula que ao ser aquecido, coagula-se e é recheada com queijo, presunto, frutas e etc. ou simplesmente manteiga, posteriormente é enrolada adquirindo a aparência de uma panqueca.

Carimã – é uma farinha de mandioca seca e fina.

Carueira – são os grãos grandes da massa de mandioca que foi escaldada quando são peneiradas, estes são usados para fazer mingau.

Crivo – utensílio com fundo perfurado que é utilizado para fragmentar a mandioca.

Cuí da farinha – são os grãos os mais finos da farinha de mandioca que são escoados pelo processo de vantejamento e também usados para ração de animais.

Cumeira – haste de madeira localizada no ponto central do telhado de uma casa.

Envira – haste fina e flexível usado para amarrar objetos.

Escaldar – secagem pela ação do calor.

Fécula – é um tipo amiláceo (amido) extraído da mandioca.

Farinha de mandioca – também conhecida como farinha d'água ou farinha de puba,

Fornada – é a massa de mandioca que está mexida no forno.

Juçaral – é nome da plantação de juçaras que é uma palmeira cujo fruto tem uma cor roxa que é utilizada para fabricação de alimentos e bebidas.

Moitão – nome popular da polia que é uma roda de correria usada para transmissão de movimentos.

Paneiro – é um cofo cuja medida equivale a 30 kg.

Pano – corresponde a um pedaço de tecido.

Pindoba – uma folha de babaçu.

Povoado – denomina-se povoado as regiões constituídas por poucas casas e habitantes, comumente localizados em zonas rurais das cidades.

Prensa – instrumento que comprime objetos.

Ralo – instrumento de metal com pontas pequenas que serve para cortar em pequenos pedaços alguns objetos.

Roçar – poder ter dois significados: equivale à ação de plantar, ou cortar as ervas daninha da plantação.

Sebo – corresponde um tipo de gordura que cobre a barriga dos bovinos. Ao ser extraído é colocado no sol para secar, então a utilizam nas casas de forno.

Sovar a mandioca – amassar a mandioca no catitu.

Tamboeira – espiga seca e sem milho.

Três linhas – é uma unidade de medida que equivale a um hectare de plantação

Tucupi – é um sumo (suco) amarelo que sai da mandioca quando é espremida.

Ventejar a farinha – é quando uma pessoa com um balaio jogar para cima a farinha de mandioca a fim de que os grãos pequenos e finos sejam jogados no chão e os pequenos e grossos fiquem no balaio (estes são caracterizados como farinha).

APÊNDICES

APÊNDICE A – Descrição do IFMA Campus Pinheiro

Caracterização do IFMA Campus Pinheiro que colaboraram para que fosse escolhido como local para a realização da pesquisa.

Quadro 17 – Características do IFMA Campus Pinheiro

Localização	Rodovia MA006, Km 04, Nº 05, Enseada, CEP 65200-000, Pinheiro (MA).
Origem dos discentes	Pinheiro, Santa Helena, Mirinzal, Bequimão, Presidente Sarney, Turilândia, Peri Mirim, São Bento.
Cursos oferecidos	Em 2011 a 2013 → os cursos integrados Técnico em Edificações, Técnico em Eletrotécnico e Técnico em Vendas. Curso subsequente: Técnico em Agronegócio. De 2011 a 2012 também foi oferecido Técnico em Contabilidade. Em 2014 → cursos integrados: Técnico em Meio Ambiente, Técnico em Administração; curso subsequente: Técnico em Agronegócio, Técnico em Logística e Técnico em Secretaria Escolar. Em 2015 → cursos integrados: Técnico em Meio Ambiente, Técnico em Recursos Humanos, Técnico em Marketing; curso subsequente: Técnico em Administração. Em 2016 → cursos integrados: Técnico em Recursos Humanos, Técnico em Edificações, Técnico em Meio Ambiente, Técnico em Administração, Técnico em Marketing, Técnico em Informática; cursos subsequentes: Técnico em Administração, Técnico em Agronegócio, Técnico em Agropecuária, Técnico em Logística, Técnico em Agricultura. Atualmente temos 617 alunos.
Equipe docente, administrativo e terceirizado.	37 professores; 31 técnicos-administrativos da educação; 27 terceirizados (áreas de manutenção, limpeza e segurança).
Infraestrutura	02 veículos oficiais, biblioteca, refeitório, cantina, guarita, quadra poliesportiva, piscina, vestuário/banheiros, almoxarifado, 14 salas para administração, sala de vídeo, 08 salas de aula, sala de reunião, sala dos professores, 02 consultório médicos (enfermaria e odontologia), 03 laboratórios (informática, eletrônica, mecânica).
Projetos e/ou programas governamentais	Projeto de extensão; Programa Mulheres Mil; Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) Júnior; Programa Nacional de Acesso ao Ensino Técnico e Emprego (PRONATEC);
Principais eventos promovidos pela Instituição	Mesa redonda sobre a Água; Exposição de trabalhos de pesquisa; Exposição de fotografia; Conferência sobre meio ambiente; Gincana estudantil; Semana de Africanidade; Brechó solidário.
IFMA Campus Pinheiro	

Fonte: Adaptado pela autora de IFMA Campus Pinheiro⁶⁴ (2016).

⁶⁴ IFMA Campus Pinheiro. Disponível em: < <http://pinheiro.ifma.edu.br/>>. Acesso em: 28 jan.2016.

APÊNDICE B – Termo de anuência da direção da instituição de ensino

Figura 27 – Termo de Anuência fornecido pela Direção do IFMA⁶⁵

Vimos por meio deste, solicitar a esta Instituição de Ensino, a autorização para alunos do segundo (2º) ano do Ensino Integrado do curso Técnico em Administração bem como o nome desta instituição atuem numa proposta de ensino de Física, sejam sujeitos de minha pesquisa de dissertação, do Mestrado Profissional em Ensino de Ciências Exatas do Centro Universitário UNIVATES de Lajeado, RS. A pesquisa intitula-se **"Força e farinha de mandioca: investigando uma prática pedagógica na perspectiva da etnofísica"**. O objetivo geral desta pesquisa é **analisar as implicações da utilização da Física Popular do processo de fabricação de farinha de mandioca para contextualizar o conceito de força da Física Escolar.**

Os alunos que participarão desta proposta de intervenção pedagógica irão assinar um termo de consentimento livre e esclarecido em duas vias pelos sujeitos da pesquisa e também pelo responsável pelo aluno, sendo que uma via permanecerá em poder do sujeito e a outra com o responsável pela pesquisa. A Escola poderá ceder o ônibus para transportar os alunos e a proponente aos locais de visitas de campo, e as reuniões previstas no projeto ocorrerão no contraturno, em uma sala de aula da escola cedida para este fim. Desde já, agradecemos a disponibilização, visto que a pesquisa contribuirá para a comunidade científica. Pelo presente termo de anuência declaro que autorizo a realização das atividades previstas no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão Campus Pinheiro


Direção da Escola


Fátima de Jesus Soares Corrêa

Mestranda em Ensino de Ciências Exatas – UNIVATES

Fonte: A autora

⁶⁵ O título e o objetivo da pesquisa foram alterados, assim, nesta autorização estavam os dados anteriores, mas tal alteração não prejudicou o desenvolvimento da pesquisa.

APÊNDICE C – Termo de consentimento livre esclarecido

Eu _____, assinado, aceito participar da pesquisa intitulada: A pesquisa intitula-se **“Força e farinha de mandioca: investigando uma prática pedagógica na perspectiva da etnofísica”**. O objetivo geral desta pesquisa é **analisar as implicações da utilização da Física Popular do processo de fabricação de farinha de mandioca para contextualizar o conceito de força da Física Escolar**. Este trabalho faz parte da dissertação de mestrado desenvolvida no programa de Pós Graduação Stricto Sensu, Mestrado Profissional em Ensino de Ciências Exatas, e tem como orientadora a Prof. Dra. Orientadora: Miriam Ines Marchi e Co-orientadora Profa. Dra. Sônia Elisa Marchi Gonzatti.

Os encontros para o planejamento das atividades e aplicação dos questionários e visitas de campo serão realizados nos horários de contraturno, as ações poderão ser fotografadas e filmadas para possíveis visualizações futuras e acervo documental. Todos os instrumentos a serem aplicados serão mantidos em sigilo, servindo apenas para os fins da pesquisa, sendo que os nomes dos participantes não serão revelados. Os registros de voz serão transcritos para o papel e, após serem aprovados pelos pesquisados, serão deletados. Todos os registros ficarão de posse da pesquisadora por cinco anos e após esse período serão incinerados. A minha participação não oferece risco algum. Caso seja verificado algum constrangimento durante os encontros, a pesquisadora irá intervir direcionando o assunto tratado. Tenho garantia de:

- Receber a resposta de qualquer pergunta, ou esclarecimento a qualquer dúvida a cerca dos procedimentos, riscos, benefícios e outros assuntos relacionados com a pesquisa.

- Poder retirar seu consentimento a qualquer momento, deixando de participar do estudo, sem que isso traga qualquer tipo de prejuízo;

- Não serei identificado quando da divulgação dos resultados e que todas as informações obtidas serão utilizadas apenas para fins científicos vinculados à pesquisa.

- Não existem gastos adicionais, pois estes serão absorvidos pelo orçamento da pesquisa;

Pelo presente termo de Consentimento Livre e Esclarecido, declaro que autorizo minha participação nesta pesquisa, pois fui devidamente informado, de forma clara e detalhada, livre de qualquer constrangimento e coerção, dos objetivos, da justificativa, dos instrumentos de coletas de informação que serão utilizados, dos riscos e benefícios, conforme já citados neste termo. Este termo documento deverá ser assinado em duas vias, sendo que uma delas será retida pelo sujeito da pesquisa e a outra pela pesquisadora. A responsável pela pesquisa é a mestranda Fátima de Jesus Soares Corrêa.

Pinheiro (MA), _____/_____/_____

Dados do Participante:

Nome: _____ RG: _____

Assinatura: _____

Responsável Legal: _____ RG: _____

Assinatura do Responsável Legal: _____

Grau de Parentesco: _____

Dados do Pesquisador:

Nome: Fátima de Jesus Soares Corrêa RG: 23590282002-9

Assinatura: _____

Telefone: (098) 98279-5757 E-mail: fatima.correa@ifma.edu.br

APÊNDICE D – Entrevista sobre processo de fabricação da farinha de mandioca

NOME: _____ IDADE _____

NÍVEL DE ESCOLARIDADE _____

As perguntas servem para nortear a entrevista, mas podem a conversa pode levar a outros questionamentos.

Com quantos anos você começou a produzir farinha?

1. Que lhe ensinou a fazer farinha?
2. Quais os tipos de farinha que você já produziu?
3. Descreva como você realiza a plantação e colheita da mandioca (período, quantidade, material utilizado, cuidados).
4. Descreva como você produz a farinha de mandioca (material utilizado e procedimento).
5. Descreva como você comercializa a farinha de mandioca.
6. No período em que você começou a fazer farinha até o momento, quais as principais diferenças em relação a:
 - a) Mandioca;
 - b) Equipamento;
 - c) Procedimento;
 - d) Qualidade da farinha;
 - e) Preço;
7. Você já ensinou outra pessoa a fazer farinha? Por quê?
8. Você aceitaria fazer farinha de mandioca para um grupo de alunos?

Justifique.

APÊNDICE E – Roteiro de visita de campo

GRUPO A – MATERIAIS

Registro fotográfico dos materiais utilizados para fabricar a farinha, por exemplo, a quantidade de mandioca, manteiga (se for o caso, algumas farinhas são torradas com manteiga). Os alunos deverão comparar os dados das entrevistas com a observação realizadas.

GRUPO B – EQUIPAMENTOS

Registro fotográfico de todos os equipamentos utilizados na fabricação de farinha;

Comparar o material com as informações fornecidas pelas entrevistas a fim de verificar as semelhanças e diferenças entre o que foi dito pelos farinhaes e o que observado pelo aluno na visita;

Enumerar suas características; e identificar a origem do equipamento, caso tenha sido construído pelo farinhaes explicar como é feito;

PROCEDIMENTOS

Registro fotográfico do procedimento de fabricação de farinha;

Explicar como ocorrer cada etapa;

GRUPO C – este grupo ficará responsável pelas etapas: amolecimento, descascamento e sovagem;

GRUPO D – este grupo ficará responsável pelas etapas: peneiramento e torração;

GRUPO E – este grupo ficará responsável pelas etapas: resfriamento e ensacamento.

APÊNDICE F – Questionário sobre as força na fabricação de farinha de mandioca

1) Prensagem – esta tarefa é realizada com prensas que podem ser de tábuas de madeiras ou tipiti, observe a figura abaixo a resposta:



a) Faça o diagrama da(s) força(s) na prensa com tipiti;

b) Faça o diagrama da(s) força(s) na prensa com tábuas de madeiras;

c) Mediante o diagrama de forças, quais possuem a mesma direção e sentido? Elas possuem o mesmo efeito em ambas as prensas? Justifique.

2) Durante a prensagem, há um momento que o farinheiro para de apertar a massa, está fica em repouso em relação a prensa, enquanto escorre o tucupi. Responda:

a) Por que o tucupi cai em direção ao solo?

b) O tipiti está suspenso em uma extremidade a cumeira e na outra numa haste de madeira, ele é esticado em direção ao solo e pressiona a massa. O tipiti pode ser considerado um fio no qual age uma força de tração? Por quê?

3) Ventejamento – com um balaio a farinha é jogada para cima, os grãos maiores caem no balaio e cú no chão. Em relação a queda dos grãos da farinha, faça um diagrama da(s) sua(s) força(s) indicando o tipo(campo ou contato), a direção e o sentido.



4) Descascagem – ocorre antes ou depois do processo de amolecimento da mandioca, para a tarefa é utilizado uma faca ou as mãos do farinheiro.

Independente do meio para retirar a casca, considerando que o coeficiente de atrito depende da natureza e da rugosidade do material, é mais fácil descascar a mandioca *in natura* ou amolecida? Por quê?



5) Na sovagem e no peneiramento, a mandioca é comprimida na superfície do equipamento, e a massa cai em direção ao solo, observando a figura abaixo, faça um diagrama da(s) sua(s) força(s) indicando o tipo(campo ou contato), a direção, o sentido e o efeito.



6) Em relação ao cocho, a farinha está em repouso durante o processo de resfriamento, que força(s) poderia(m) colocar a farinha em movimento? Por quê?



7) Imagine as situações descritas abaixo, considerando que a interação entre o farinheiro e alqueiro produz uma força, o que seria mais fácil:

a) o farinheiro puxar com as suas mãos o alqueiro numa superfície horizontal até chegar ao local desejado;

b) o farinheiro usar uma corda para puxar o alqueiro numa superfície horizontal até chegar ao local desejado;

c) o farinheiro usar uma corda e uma polia para puxar o alqueiro numa superfície horizontal até chegar ao local desejado;

Justifique sua resposta.

8) O alqueiro da farinha é medido com uma balança artesanal, conforme figura ao lado. É possível identificar um fio preso em uma extremidade na cumeira da casa de forno e na outra um pedaço de madeira no qual tem de um lado um saco de sarrapilha com pedras que equivalem a 30kg e do outro um cofo ou saco com farinha em que o farinheiro coloca-a até que a madeira esteja em equilíbrio, assim os sacos teriam a mesma quantidade de massa. Diante da situação descrita, faça um diagrama da(s) sua(s) força(s) indicando o tipo (campo ou contato), a direção, o sentido e o efeito. Determine o(s) módulo(s) da(s) força(s).



APÊNDICE G – Questões sobre o conceito e tipos de forças

As questões apresentadas neste apêndice foram adaptadas pela autora de: Xavier e Barreto Filho (2010); Carron e Guimarães (2003)⁶⁶.

1) Partindo da hipótese de que foi possível coletar o material X na superfície do planeta Júpiter, onde $g = 25 \text{ m/s}^2$, determine:

a) a massa do material X (em kg), em Júpiter, sabendo que lá o peso do material é 125 N.

b) a massa do material X (em kg), medido na superfície terrestre, onde $g = 10 \text{ m/s}^2$.

c) o peso do material X (em N), medido na superfície terrestre, onde $g = 10 \text{ m/s}^2$.

2) Um corpo de massa 30 kg repousa sobre uma superfície horizontal. Num certo instante passa a agir sobre o corpo uma força \mathbf{F} , horizontal, de intensidade 210 N. Supondo que não haja atrito entre o corpo e a superfície, e sendo de 10 m/s^2 a aceleração da gravidade local, determine:

a) o peso do corpo;

b) a aceleração que o corpo adquire;

c) a velocidade do corpo 5 s após a aplicação da força;

d) o deslocamento nos 10 s iniciais a partir do repouso.

3) Um caixa é arrastada num piso horizontal, com velocidade constante, por uma força, também horizontal 20 N. Determine o módulo da força de atrito dinâmico na caixa. Nessa situação, qual deve ser a força resultante sobre a caixa? Por quê?

⁶⁶ As questões 1 e 2 são de Xavier e Barreto Filho (2010) e de 3 a 8 são de Carron e Guimarães (2003), este livro didático embora seja antigo, para esta autora, ele possui uma linguagem acessível, com exemplos e perguntas que facilitam o ensino e aprendizagem de Física.

4) Sabendo-se que o coeficiente de atrito estático é maior que o coeficiente de atrito dinâmico entre um bloco e uma superfície horizontal, o que é mais fácil: colocar o bloco em movimento ou manter o bloco em movimento?

5) Uma esfera de aço é solta de um ponto a 2m de altura em relação ao solo. Desprezando-se a resistência do ar, quais forças agem na esfera durante a queda? Faça um diagrama de forças representando essa situação.

6) Uma caixa está apoiada em uma superfície horizontal e é empurrada por uma pessoa com uma força horizontal F , mas não entra em movimento devido ao atrito. Faça um diagrama das forças que agem na caixa. Nessa situação, qual deve ser a força resultante sobre a caixa?

7) Um caixote com massa de 20 kg está apoiado numa superfície horizontal. Uma pessoa puxa o caixote, exercendo na corda uma tração de intensidade 100 N. Sendo $\theta = 37^\circ$, $g = 10 \text{ m/s}^2$ e considerando que o caixote está na iminência de entrar em movimento, determine o coeficiente de atrito estático entre o caixote e a superfície horizontal. Dados: $\sin 37^\circ = 0,60$ e $\cos 37^\circ = 0,80$.

8) Um bloco A com massa de 7,0kg está apoiada sobre uma mesa horizontal. Um fio ideal, amarrado no bloco A, passa por uma roldana fixa e mantém na outra extremidade um bloco B com massa de 3,0kg, conforme figura ($g=10\text{m/s}$).

a) O bloco B permanece suspenso ou entra em movimento para baixo?

b) Qual é o módulo da força de tração que o fio exerce no bloco B?

APÊNDICE H – Entrevista aos alunos

1. QUANTO À PESQUISA

a) Os recursos didáticos (slides com aplicativo *power point*, *datashow*, guia de atividades, quadro de vidro, visitas de campo, experimentos) utilizados foram satisfatórios quanto à quantidade e à qualidade?

() Totalmente () Parcialmente () Insuficientemente

Justifique sua escolha

b) Os instrumentos ou métodos de avaliação (listas de questões, cartazes, diário de campo, exposição oral) de ensino e de aprendizagem utilizados na pesquisa avaliam o conhecimento dos alunos quanto à mesma?

() Totalmente () Parcialmente () Insuficientemente

Justifique sua escolha

c) A avaliação de ensino e de aprendizagem aplicados na pesquisa é coerente com seu objetivo geral (analisar as implicações da utilização da Física Popular do processo de fabricação de farinha de mandioca para contextualizar o conceito de força da Física Escolar)?

() Totalmente () Parcialmente () Insuficientemente

Justifique sua escolha

d) A pesquisa sobre Física Popular (os saberes populares do processo de fabricação de farinha) contextualizada com a Física Escolar (o conceito de força dos livros didáticos) faz parte do seu cotidiano?

() Totalmente () Parcialmente () Insuficientemente

Justifique sua escolha

e) Esta intervenção pedagógica poderia ser realizada com outro (s) tema (s) e disciplina(s)? Em caso afirmativo, comente qual poderia(m) ser o(s) tema(s) e a(s) disciplina(s). Em caso negativo, justifique.

2. QUANTO À PESQUISADORA

a) A pesquisadora discutiu com os alunos sobre as respostas para as atividades avaliativas de forma a apresentar seus erros e acertos?

() Totalmente () Parcialmente () Insuficientemente

Justifique sua escolha

b) A pesquisadora foi assídua e cumpriu a programação proposta no Guia de atividade?

() Totalmente () Parcialmente () Insuficientemente

Justifique sua escolha

c) A pesquisadora contextualizou a força da Física Escolar com as atividades do seu cotidiano?

() Totalmente () Parcialmente () Insuficientemente

Justifique sua escolha

d) O ensino com base no conhecimento popular dos farinheiro que foi apresentado pela pesquisadora favoreceu sua aprendizagem para a força da Física Escolar?

() Totalmente () Parcialmente () Insuficientemente

Justifique sua escolha

e) A interação entre a pesquisadora e os alunos favoreceu os processos de ensino e de aprendizagem?

() Totalmente () Parcialmente () Insuficientemente

Justifique sua escolha

3. QUANTO À ORGANIZAÇÃO DAS AULAS E VISITAS DE CAMPO

a) A carga horária e espaço físico destinado para realização dos encontros na escola foram suficientes?

() Totalmente () Parcialmente () Insuficientemente

Justifique sua escolha

b) As visitas de campo foram realizadas adequadamente obedecendo aos objetivos da pesquisa e regras de segurança?

() Totalmente () Parcialmente () Insuficientemente

Justifique sua escolha

c) Nas visitas de campos foi possível aprender a Física Popular dos farinheiros?

() Totalmente () Parcialmente () Insuficientemente

Justifique sua escolha

d) Nas atividades em sala de aula foi possível relacionar a Física Popular dos farinheiros com a Física Escolar?

() Totalmente () Parcialmente () Insuficientemente

Justifique sua escolha

4. QUANTO O DESEMPENHO DO ALUNO (A)

a) Você se sente capaz para aplicar os conhecimentos apreendidos na pesquisa em seu cotidiano?

() Totalmente () Parcialmente () Insuficientemente

Justifique sua escolha

b) Você cumpriu seu compromisso com esta pesquisa?

() Totalmente () Parcialmente () Insuficientemente

Justifique sua escolha

c) Você participou das atividades em sala de aula e/ou visitas de campo?

() Totalmente () Parcialmente () Insuficientemente

Justifique sua escolha

d) Numa escala de 0 a 10 sendo 10 o desempenho excelente, qual nota você daria? Por quê?

e) Você consegue encontrar na sabedoria popular elementos que fazem parte da sabedoria escolar?

() Totalmente () Parcialmente () Insuficientemente

Justifique sua escolha

f) Esta pesquisa foi relevante para sua vida enquanto aluno e cidadão?

() Totalmente () Parcialmente () Insuficientemente

Justifique sua escolha

5. COMENTÁRIO E SUGESTÕES FINAIS

Neste item faça o comentário que julgar necessário que não foi contemplado nos itens anteriores.

APÊNDICE I – Instrumentos da fabricação de farinha de mandioca

Quadro 18 – Instrumentos da fabricação de farinha de mandioca

EQUIPAMENTO	IMAGEM	DESCRIÇÃO
Alqueiro ou Paneiro		<p>É um cofo com 30 kg de farinha que é utilizado para comercialização, sendo vendido de R\$ 60,00 a 150,00.</p>
Balaio		<p>É um cesto raso feito das folhas de algumas espécies de palmeiras.</p>
Casa de forno		<p>Local para fabricação de produtos derivados da mandioca, como farinha, beijus, bolo, e etc.</p>
Catitu		<p>É um tipo de triturador manual sendo usado também para sovar a mandioca.</p>

Cocho		<p>Pedaço de madeira cavado, parecido com uma canoa que é utilizada para colocar a massa ou farinha.</p>
Cofó		<p>É um cesto feito de pindoba</p>
Forno manual		<p>É uma construção de tijolo ou taipa na forma retangular ou circular com sua base de ferro na qual é aquecido por carvão ou lenha, e é destina para cozinhamento de alimentos. O forno manual requer uma pessoa para mexer o alimento, já o mecânico possui espátulas movidas à energia elétrica que realizam a tarefa automaticamente.</p>
Forno mecânico		<p>É um artefato de madeira que possui forma quadrangular semelhante a uma gaveta, mas com "pés".</p>
Gamela		<p>É um artefato de madeira que possui forma quadrangular semelhante a uma gaveta, mas com "pés".</p>

<p>Peneira</p>		<p>Utensílio similar ao crivo cuja função é pra fragmentar a massa de mandioca deixando-a mais fina.</p>
<p>Prensa de tábuas de madeiras</p>		<p>Instrumento que comprime objetos por meio de tábuas de madeira.</p>
<p>Prensas com tipiti</p>		<p>Instrumento que comprime objetos por meio do tipiti.</p>
<p>Pubeiro</p>		<p>Tanque artesanal feito no chão (buraco) ou no rio no rio cercado com folhas de palmeiras e pedaços de madeira</p>

Rodo ou enxada		Instrumento de madeira similar a uma enxada que é utilizada para mexer a farinha quando está torrando ou escaldamento
Saco de sarrapilha		Saco de fibra plástica usado para colocar a farinha correspondente a 30 kg (alqueiro) ou uma saca (45 kg).
Tanque		Utilizado para colocar a mandioca descasca ou não para que amoleça.
Tipiti		É um tipo de prensa de palha trançada que é utilizado para espremer raízes, neste caso a mandioca.

Fonte: Adaptado pela autora dos registros fotográficos das visitas de campo.

APÊNDICE J – Descrição de participações em evento e publicações

CORRÊA, Fátima de Jesus Soares; MARCHI, Miriam Ines; GONZATTI, Sônia Elisa Marchi. Produção de farinha de mandioca: investigando uma prática pedagógica na perspectiva da etnofísica para o ensino de força. In: Encontro de Pós-Graduação, 1, 2016, São Luís. **Pôster...** São Luís: IFMA, 2016. Trabalho premiado em 1º lugar na área de Ciências Exatas e da Terra na categoria Mestrado.

CORRÊA, Fátima de Jesus Soares; MARCHI, Miriam Ines; GONZATTI, Sônia Elisa Marchi; ALUNO 12⁶⁷. Etnofísica na farinha de mandioca. In: Workshop PROEX, 1, 2016, São Luís. **Pôster...** São Luís: IFMA, 2016.

CORRÊA, Fátima de Jesus Soares; MARCHI, Miriam Ines; GONZATTI, Sônia Elisa Marchi. Força e farinha de mandioca: investigando uma prática pedagógica na perspectiva da etnofísica. In: Mostra Mestrado em Ensino de Ciências Exatas, 8, 2015, Lajeado. **Anais...** Lajeado: UNIVATES, 2015, p. 13-14. ISSN 1984-1248.

CORRÊA, Fátima de Jesus Soares; MARCHI, Miriam Ines; GONZATTI, Sônia Elisa Marchi. Saberes populares da fabricação de farinha de mandioca. In: Semana do Meio Ambiente e Cine Tela Verde: patrimônio socioambiental e a Baixada Maranhense, 3, 2015, Pinheiro. **Pôster...** Pinheiro: UFMA, 2015.

CORRÊA, Fátima de Jesus Soares; MARCHI, Miriam Ines; GONZATTI, Sônia Elisa Marchi. O conhecimento popular nas aulas de física: relato de uma atividade envolvendo a fabricação de farinha de mandioca. In: Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação, 10, 2015, Rio Branco. **Anais...** Rio Branco: IFAC, 2015.

CORRÊA, Fátima de Jesus Soares; MARCHI, Miriam Ines; GONZATTI, Sônia Elisa Marchi. **Etnofísica na farinha de mandioca**. Pinheiro: IFMA, 2015. Projeto de extensão.

⁶⁷ Considerando que este evento foi promovido pelo IFMA bem como a pesquisa constitui como um projeto de extensão da instituição consequentemente convidei um aluno para apresentar este trabalho.

Alunos do Campus Pinheiro aprendem saberes tradicionais das casas de farinha. **IFMA**, Pinheiro, 05 jun. 2015. Disponível em:< <http://portal.ifma.edu.br/2015/06/05/alunos-do-campus-pinheiro-aprendem-saberes-tradicionais-das-casas-de-farinha/>>. Acesso em 07 jun.2015.

ANEXOS

ANEXO A – Experimento 1: bússola de copo d'água⁶⁸

O texto do experimento apresentado pelo Projeto Experimentos de Física com Materiais do Dia-a-Dia da Universidade Estadual Paulista (UNESP) Campus Bauru, foi adaptado para o encontro 02, este foi utilizado para demonstrar a interação entre objetos feitos de materiais magnéticos.

Objetivo: construir uma bússola e estudar suas propriedades magnéticas.

Ideia do experimento:

A bússola é um instrumento muito importante para a orientação em geral e também pode ser usada como detector de materiais magnéticos. A ideia principal deste experimento é justamente construir uma bússola simples para detectar campos magnéticos, principalmente o campo da Terra. Este instrumento de orientação é constituído basicamente por dois elementos: uma agulha magnetizada e um suporte que permite que esta agulha gire livremente em torno de seu eixo. Por ser a agulha muito leve e o atrito entre ela e o suporte que a sustenta muito pequeno, a bússola se torna um instrumento muito sensível podendo detectar materiais que estejam fracamente magnetizados.

A detecção se dá na forma de alinhamento, ou seja, a agulha da bússola é um pequeno ímã e como já foi dito no contexto, os ímãs podem ser atraídos ou repelidos por outros ímãs ou por campos magnéticos próximos. Logo, quando uma bússola é posta na presença de um campo magnético, a atração e a repulsão se manifestam simultaneamente, na forma de deflexão (rotação parcial ou completa) desta agulha em relação à sua posição anterior. Em outras palavras, a agulha alinha-se com o campo detectado.

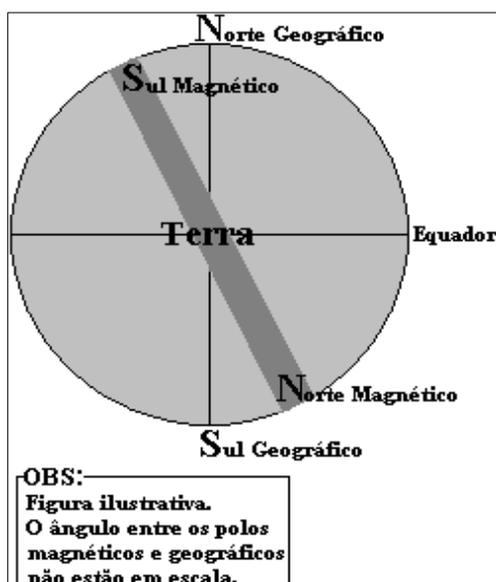
Para construirmos uma bússola de copo d'água, magnetizamos uma agulha de costura e a colocamos para boiar num copo d'água, com o auxílio de

⁶⁸ **Bússola de copo d'água.** Disponível em:< <http://www2.fc.unesp.br/experimentosdefisica/ele16.htm> >. Acesso em 05 mai. 2015.

um pedaço de papel. Como todas as bússolas, esta também precisa ter sua agulha livre para girar e apontar na direção do campo detectado e por esse motivo ela foi posta para boiar sobre a água.

As bússolas normalmente tem uma de suas extremidades pintada de vermelho, que aponta aproximadamente para o polo norte geográfico da Terra. O norte magnético da Terra não coincide com o polo norte geográfico: são praticamente opostos (FIGURA 28). Logo, podemos concluir que a ponta pintada de vermelho das bússolas é o polo norte magnético da agulha, que aponta para o polo sul magnético terrestre.

Figura 28 – Polos magnéticos e geográficos da Terra



Fonte: Disponível em: < <http://www2.fc.unesp.br/experimentosdefisica/ele16.htm> >. Acesso em 05 mai. 2015.

Para descobrir a polaridade com que foi magnetizada a agulha de sua bússola, é preciso que se saiba de antemão onde está localizado o norte geográfico da Terra. Com a informação da polaridade da bússola, você pode descobrir qual é o polo norte e o polo sul de um ímã e de qualquer outro objeto imantado, além de poder realizar atividades de orientação e navegação.

Material para o experimento

Quadro 19 – Material para experimento da bússola

Item	Observações
Copo	Um copo convencional ou qualquer pote serve. É interessante que tenha a boca larga para dar mais mobilidade à agulha.
Agulha	A agulha pode ser de costura ou de máquina de costura; ambas podem ser encontradas em lojas de armarinho, supermercados ou bazares.
Ímã	Ímãs são encontrados em alto falantes, ferro velho, lojas de materiais elétricos, em alguns brinquedos, em objetos de decoração como os ímãs de geladeira, etc.
Papel	Neste experimento usamos um pedaço de folha do tipo sulfite. Mas também pode ser usado folha de caderno, jornal ou qualquer outro tipo de papel.

Fonte: Disponível em: < <http://www2.fc.unesp.br/experimentosdefisica/ele16.htm> >. Acesso em 05 mai. 2015.

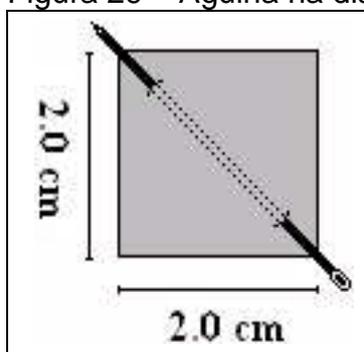
Montagem

Primeiro deve-se imantar a agulha, passando-se o ímã natural várias vezes sobre ela, sempre na direção do seu comprimento e no mesmo sentido. Para saber se agulha já está bem imantada, aproxime-a de algum objeto metálico ferromagnético (ferro, clips, moedas, etc.) e verifique se há atração ou repulsão.

Corte um pedaço de folha de papel quadrado de 2,0 cm de lado aproximadamente ou de acordo com o tamanho da agulha que será utilizada. Este papel serve para permitir que a agulha de costura possa flutuar sobre a água.

Atravesse ou cole a agulha na direção diagonal desse quadrado, conforme Figura 29.

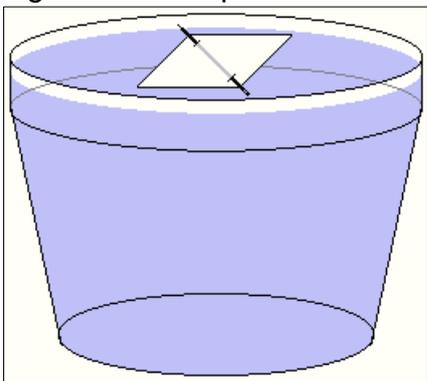
Figura 29 – Agulha na diagonal do papel



Fonte: Disponível em: < <http://www2.fc.unesp.br/experimentosdefisica/ele16.htm> >. Acesso em 05 mai. 2015.

Coloque o pedaço de papel com a agulha em um copo cheio de água, conforme Figura 29.

Figura 30 – Esquema Geral de Montagem



Fonte: Disponível em:< <http://www2.fc.unesp.br/experimentosdefisica/ele16.htm> >. Acesso em 05 mai. 2015.

Verifique por algum método se sua bússola está funcionando, comparando a direção para onde a agulha está apontando com alguma referência. Sem outros campos magnéticos por perto, ela deve se orientar na direção norte-sul magnética da Terra.

ANEXO B – Experimento 2: foguete de balão⁶⁹

O experimento foguete de balão pode ser utilizado para contextualizar o princípio da conservação da quantidade de movimento linear, princípio de ação e reação (3ª lei de Newton), propulsão de foguetes, e outros temas de Física, entretanto no encontro 02 foi utilizado para contextualizar as forças que são resultadas das interações dos materiais envolvidos no experimento. O texto apresentado foi adaptado para os fins desta pesquisa.

Materiais necessários para o experimento

Balão de borracha

Canudinho de refrigerante

8 metros de barbante

Fita crepe ou fita durex

Procedimento

Amarre uma das extremidades do cordão em um suporte distante.

Corte o canudinho ao meio e insira o cordão por dentro do canudinho.

Encha o balão e mantenha a boca do mesmo fechado, enquanto a superfície do balão é colada ao pedaço de canudinho.

Estique bem o barbante. Depois disso, solte a boca do balão e observe seu movimento, conforme Figura 31.

Figura 31 – Foguete de balão



Fonte: Disponível em: <<http://pontociencia.org.br/experimentosinterna.php?experimento=607#top>>. Acesso em 05 mai.2015.

⁶⁹ **Foguete de balão.** Disponível em: < <http://pontociencia.org.br/gerarpdf/index.php?experiencia=607>>. Acesso em 05/05/2015.

O que acontece...

Os foguetes podem se mover pelo espaço, fora da atmosfera terrestre, porque ejetam gases para trás, enquanto avançam para frente. Esse movimento pode ser explicado a partir de dois princípios: a lei de ação e reação, ou terceira lei de Newton, e a lei da conservação da quantidade de movimento. Apresentaremos a seguir uma explicação baseada na primeira opção. A terceira lei nos diz que quando um corpo A exerce uma ação sobre um corpo B, esse exerce sobre o corpo A uma força de reação igual e contrária. Para aplicar essa lei ao foguete, basta considerar o corpo do foguete como corpo A e a massa de gás que o foguete ejeta em um dado instante como corpo B. Desde esse ponto de vista, é a força de reação da massa ejetada sobre o corpo do foguete que o lança para frente.

ANEXO C – Experimento 3: percebendo as forças nas interações dos materiais⁷⁰

Os alunos da disciplina Produção de Material Didático do curso de Licenciatura em Física o Instituto de Física da Universidade de São Paulo (IFUSP) apresentam um experimento no qual é possível perceber as forças peso, tração e força de atrito, bem como as suas relações e efeitos nas interações dos corpos envolvidos. O texto abordado neste anexo foi adaptado para o encontro 03 e as finalidades desta pesquisa.

Material

Carrinho;

Bolinhas de gude de vários tamanhos;

1 clipe e várias arruelas (idênticas) ou vários cliques (idênticos);

1 linha de costura;

1 fita crepe;

1 caneta;

1 cronômetro (opcional);

Montagem

O experimento deverá ser realizado em uma mesa de superfície reta e lisa. Prenda a caneta com fita crepe na quina da mesa para que ela funcione como uma roldana, diminuindo o atrito entre o fio e a superfície.

Prenda uma bolinha de gude na extremidade de uma linha de costura utilizando fita crepe. Um clipe deve ser adaptado (aberto) para funcionar como um gancho, no qual um lado deve ser preso no fio com a bolinha de gude (se necessário) e no outro serão colocados as arruelas.

Em seguida prenda a linha na parte de trás do carrinho, prestando atenção para que o fio não enrosque nos eixos das rodinhas e atrapalhe o movimento.

⁷⁰ **Peso, tração e força de atrito.** Disponível em :< http://www.cienciamao.usp.br/tudo/exibir.php?midia=pmd&cod=_pmd2005_1202>. Acesso em 05 mai.2015.

Atenção: corte a linha num tamanho suficiente para que o carrinho corra na mesa e a bolinha de gude chegue ao chão um pouco antes do carrinho atingir a caneta. Veja na Figura 32 a montagem completa do experimento.

Figura 32 – Montagem do experimento sobre forças



Fonte: Disponível em: <http://www.cienciamao.usp.br/tudo/exibir.php?midia=pmd&cod=_pmd2005_1202>. Acesso em 05 mai.2015.

Procedimento

Coloque o carrinho em uma ponta da mesa esticando a linha e deixando a bolinha de gude suspensa (conforme figura 5). Marque a posição inicial do carrinho, para que se possa repetir a experiência iniciando sempre do mesmo ponto. Soltar o carrinho e observar se existe movimento.

Situação 1: o carrinho se movimenta:

Deve-se tentar classificá-lo visualmente como um movimento acelerado ou constante. Essa conclusão vai depender da relação entre a força de atrito no carrinho e o peso da bolinha. Caso sejam iguais o carrinho se movimentará de maneira uniforme. Caso a força peso seja maior que a força de atrito, o carrinho será acelerado. Caso a força de atrito seja maior que o peso, o

carrinho não se movimentará e aí cairemos na situação 2, onde discutiremos a questão do atrito estático.

Situação 2: o carrinho não se movimenta:

Adicionar o clipe adaptado como gancho e iniciar a adição de arruelas (ou cliques) uma de cada vez. A cada adição observar se o carrinho tem alguma reação. A adição de arruelas deve ser interrompida quando o carrinho iniciar um movimento contínuo. Analisar o conceito de atrito estático e observar o que acontece depois que o carrinho entra em movimento. É frequente a ocorrência de um movimento bastante acelerado depois que vencemos o atrito estático (nesta experiência há atrito em vários lugares: nas 4 rodas, na caneta) indicando que o atrito estático é bem maior que o atrito dinâmico. Mas é possível encontrar o limiar de movimento (para que se descubra qual o mínimo peso necessário para iniciá-lo) adicionando uma arruela de cada vez e dando um leve toque no carrinho (ou uma pequena batida na mesa) para vencer o atrito estático. Desta forma, se o peso for suficiente para contrapor-se qual o valor da Tensão no fio? Como ela pode ser determinada? Qual a relação entre o fio, o carrinho e a tensão? O que é iminência de movimento? É possível chegar nesta situação? Quando age o atrito cinético e o estático? Você entende a diferença?

Conclusões

Através deste experimento o aluno deve conseguir uma boa abstração dos conceitos enfocados. Os exemplos práticos constroem diversas situações para vivenciar o relacionamento entre as Forças Peso, Tração e Força de Atrito. A interpretação do atrito estático e cinético no movimento pode ser facilmente entendida através da utilização das arruelas, onde o estudante pode perceber nitidamente a iminência do movimento do carrinho instantes antes dele entrar em movimento. Outras experiências podem ser realizadas, como por exemplo, equilibrar dois carrinhos com um fio e adicionar peso, lentamente, e observar como isso afeta ou não o estado de equilíbrio.