

# Formação continuada de professores de física, em Angola, com base num modelo didático para o campo conceptual de força

(*In-service physics teacher education in Angola based on a didactic model for the conceptual field of force*)

Domingos Kimpolo Nzau<sup>1</sup>, J. Bernardino Lopes<sup>2</sup> e Nilza Costa<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Instituto Superior de Ciências de Educação, Universidade 11 de Novembro, Cabinda, Angola*

<sup>2</sup>*Departamento de Física, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Portugal*

<sup>3</sup>*Departamento de Educação, Universidade de Aveiro, Portugal*

Recebido em 25/9/2010; Aceito em 8/2/2012; Publicado em 10/10/2012

Este artigo relata um estudo desenvolvido em três fases (exploratória de diagnóstico, programa de formação de professores e práticas de ensino resultantes desta formação) envolvendo professores de física e alunos do Ensino Secundário de Cabinda (Angola), e que focalizou o conceito newtoniano de força. A fase exploratória demonstrou que a formação de professores tem fragilidades com repercussões negativas nas aprendizagens dos alunos do Ensino Secundário em Cabinda. As outras duas fases do estudo mostraram que os programas de formação de professores centrados em modelos didáticos sobre campos conceptuais de conceitos científicos conduzem à alteração das práticas de ensino dos professores, e que determinam melhorias importantes nas aprendizagens dos alunos ao engajá-los em atividades e tarefas programadas. Este trabalho evidencia a relevância da formação de professores, baseada em modelos didáticos específicos sobre certos campos conceptuais, como ponto de partida para a qualificação do ensino de física em Angola.

**Palavras-chave:** física, ensino secundário, modelo didático de campos conceptuais, formação de professores, representações gráficas, práticas de ensino, sala de aula.

This article describes a study developed in three phases (exploratory, the diagnosis, teacher education program and teaching practices resulting from it) involving physics teachers and students of Secondary Education of Angola, and it is focused on the newtonian concept of force. The exploratory phase showed that teachers education have fragilities with negative repercussions on students' learning in Secondary Education in Cabinda. The other two phases of the study showed that teacher education programs centered on teaching models about conceptual fields of scientific concepts leads to changes in teaching practices which determine significant improvements on students learning by to engaging them in activities and scheduled tasks. This work shows the relevance of a teacher education program, based on specific didactic models about certain conceptual fields, as a starting point for the qualification of the physics teaching in Angola.

**Keywords:** physics, secondary education, didactic model of conceptual fields, teacher education, graphical representations, teaching practices, classroom.

## 1. Introdução

A dura, sangrenta e prolongada guerra, que assolou Angola, e a conseqüente fuga massiva dos seus melhores quadros, afetaram todas as estruturas do tecido social, produtivo e económico, e o ensino, apesar de não ter conhecido melhorias substanciais no período em que Angola se encontrava sob jugo colonial, saiu muito mais fragilizado. Embora, continuamos a assistir todos os anos, ações formativas sob a forma de seminários de reciclagem e de superação de professores, em todos os níveis de ensino e domínios, os seus projetos, segundo Peterson [1], não têm sido acompanhados de

uma estratégia desejavelmente coerente, traduzida em um conjunto de medidas legislativas, administrativas, políticas e pedagógicas capazes de imprimir um ensino de ciências de qualidade, nomeadamente o da física em Angola, uma vez que não acompanha os resultados das investigações recentes sobre a educação e o ensino.

Ensaíram em Angola três modelos de formação inicial de professores de ciências, nomeadamente de física. O primeiro financiado pelo Fundo das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) e denominado curso de requalificação de professores teve lugar nos anos de 1978 e 1979, para candidatos com habilitações mínimas de 5º Ano liceal ou equivalente (9º Ano de escolarização

<sup>1</sup>E-mail: kimpolo90@yahoo.com.br.

básica), assegurado por docentes experientes vindos de vários países. O segundo modelo, que vigorou até 2004, iniciou em 1979 nos Institutos Médios Normais de Educação (INE), para candidatos habilitados com o Ensino Básico (8<sup>a</sup> Classe) ou equivalente e destina-se a formar professores bidisciplinares (matemática-física, biologia-química, história-geografia, etc.), em quatro anos para assegurarem a docência nas escolas do II Nível (5<sup>a</sup> e 6<sup>a</sup> classes) e do III Nível (7<sup>a</sup> e 8<sup>a</sup> classes), que acabavam de emergir no âmbito da primeira reforma educativa de Angola iniciada em 1978. A este modelo associou-se uma outra variante de formação de professores para as áreas rurais assegurada pela Organização Internacional Ajuda ao Desenvolvimento de Povo para Povo (ADPP). O terceiro modelo faz parte de um programa de formação inicial de professores de física do nível superior (licenciatura de 5 anos) para candidatos com o Ensino Médio concluído ou equivalente, iniciada com a criação dos Institutos Superiores de Educação (ISCED) no país, em 1980. Paralelamente a este modelo, na segunda reforma educativa (Decreto Lei 13/01 de 31 de dezembro, Lei de Bases de Sistema Educativo de Angola), outras instituições como são as Escolas Superiores Pedagógicas, iniciaram também a formação, em três anos, de professores bacharéis de física.

Os resultados obtidos destes modelos de formação continuaram aquém das necessidades de formação de professores de ciências, nomeadamente a física no país, porque são poucos os estudantes que optam para a sua formação.

Nas instituições escolares, onde a física figura como disciplina curricular o seu ensino é assegurado maioritariamente por docentes que não tendo a formação em ensino de física, praticam o ensino tradicional [2]. A falta de uma adequada formação académica e metodológica da maioria dos professores para o ensino das ciências, que se assiste em Angola, não só fragiliza o desenvolvimento profissional dos professores como afeta também as aprendizagens dos alunos, nomeadamente no que diz respeito à aprendizagem de conceitos científicos.

Este facto certamente contribui para que os alunos angolanos se afastem cada vez mais de cursos de ciências, como é o caso da física, e tecnologias, em classes mais avançadas.

Ora, a formação de cidadãos angolanos em cursos científicos e tecnológicos, para além de ser uma necessidade que se impõe hoje, terminada a guerra que abalou o país, a sua alfabetização plena é deveras um outro desafio a ter em consideração nos principais projetos que visam a formação, não só dos professores, mas sobretudo de seus alunos provenientes de grandes grupos etnolinguísticos e culturais diversificados, onde a língua veicular comum oriunda da antiga potência colonizadora funciona, em muitos casos, como obstáculo para a sua aprendizagem. Por isso, a qualificação do ensino das ciências deve ser encarada como uma premissa inadiável. Uma qualificação do ensino que ignora

a formação dos professores vistos como principais agentes de mudança neste processo, é continuar a adiar todo um problema cuja solução se pretende célere para Angola. Um modelo simples de formação de professores, que se adequa com a necessidade de formar mais professores num curto intervalo de tempo para a qualificação do ensino de ciências em Angola, é um dos desafios que continua a preocupar a todos (políticos, professores e encarregados de educação).

Este artigo apresenta um estudo, que procura contribuir a esse desafio na vertente de treinamento de professores de física, em exercício. O mesmo visa dar solução ao problema de promover a qualidade de ensino de física no I Ciclo do Ensino Secundário, através de ações formativas de professores nas condições educativas de Angola, onde nas escolas o material bibliográfico e equipamentos laboratoriais quase que são inexistentes e as novas tecnologias de informação e comunicação (NTIC) têm pouca expressão. A questão de investigação que pretende responder é:

Que eficácia tem um modelo de formação continuada de professores que mobiliza um modelo didático específico sobre o campo conceptual de força nas práticas de ensino dos professores e destas nas aprendizagens dos alunos?

Discutiremos, por fim, a importância dos resultados alcançados para a qualificação do ensino de física em contextos educativos similares.

## 2. Enquadramento teórico

Nas últimas duas décadas, a ciência para todos, ou literacia científica para todos, de acordo com certos autores, tem vindo a tornar-se numa meta explicitada pelos currículos da ciência em vários países do mundo [3]. Todavia, para Hanrahan [4], as reduzidas percentagens de aproveitamento dos alunos nos últimos anos do ensino secundário em ciências, e a pouca procura que se verifica na escolha dos alunos por cursos de ciências e de engenharia, a nível de graduação no Ensino Superior, revelam uma tendência preocupante sobre o ensino de ciências que lhes tem sido ministrado. Por isso, alguns investigadores, como Lemke [5], O'Loughlin [6], Taylor [7] e Tobin [8], têm sugerido a necessidade de uma mudança substancial dos currículos de ciência, no sentido de estes irem ao encontro dos alunos e do que as sociedades deles esperam. Em contextos educativos similares aos da Angola em que a qualidade das aprendizagens é seriamente afetada pela qualidade da formação dos docentes [2, 9], o problema acima referido agrava-se.

As práticas profissionais dos professores podem ser estudadas segundo diferentes perspetivas [10]. No âmbito dessas práticas, vários autores têm referido os modelos de ensino que privilegiam a evolução conceptual [11-13].

Uma outra reflexão ainda sobre a questão acima enunciada reside no complexo trabalho do professor,

pelo menos a partir da década de 80 do século XX, que tem sido apontado como uma das atividades mais intensiva a ser desenvolvida [14]. No caso particular do ensino das ciências a ação do professor tem sido considerada por alguma investigação [15], como uma soma de vários aspetos, que os professores em início de carreira têm muitas dificuldades em lidar [16].

A procura sistemática de uma abordagem didática, que faça sentido para os alunos e para a sociedade atual, é crucial para que exista uma verdadeira mediação da aprendizagem dos alunos pelo professor [17]. A mediação do professor é, em primeiro lugar, a ação (verbal e não verbal) do professor para desenvolver no aluno conhecimentos, competências e atitudes pretendidos pelos currículos [18]. É um trabalho que o professor desenvolve na zona do desenvolvimento próximo dos alunos, introduzido por Vygotsky [19], que consiste em sustentar tarefas complexas para os alunos realizarem no âmbito do conteúdo a aprender.

A mediação do professor, para que seja eficaz, exige que o professor tenha em conta as dimensões cognitivas, afetivas, sócio-políticas e relacionais do que se passa na sala de aula [15]. Assim, o professor quando medeia as aprendizagens dos alunos numa aula deve ter em atenção os seguintes aspetos: i) os recursos a disponibilizar aos alunos; ii) as linguagens (verbal, matemática, gráfica, computacional) a serem utilizadas por si e pelos alunos; iii) o conhecimento, as competências e atitudes a desenvolver nos alunos; iv) os conhecimentos prévios dos alunos; v) as tarefas a propor aos alunos e a atividade que espera deles; vi) a informação relevante a proporcionar; vii) como envolver os alunos na sua aprendizagem (usando o seu conhecimento e a informação); viii) aprofundar o campo conceptual específico objeto de ensino.

A promoção de um ensino de qualidade passa pela formação de professores que permita ao professor estruturar o seu ensino em situações formativas [17, 18] nas quais a colocação de tarefas e a mediação do professor são determinantes. Em, particular, a mediação do professor é influenciada por várias dimensões [18] das quais destacamos 5, a saber: i) a conversação na sala de aula (a interação verbal estabelecida na sala de aula entre o professor e os alunos e entre os alunos) [20]; ii) trabalho efetivo dos alunos na sala de aula [21], mobilizando de forma sistemática, lógica ou mais intuitiva o campo conceptual [22] objeto do ensino e da aprendizagem; iii) o sistema social da sala de aula (o aluno como sujeito epistémico em interação com outros sujeitos epistémicos) [23]; iv) o papel das questões e situações (questionando de forma sistemática a situação física ou assunto a estudar de várias perspetivas, tentando a respetiva fundamentação e enquadramento); v) o estatuto epistemológico atribuído ao conhecimento apresentado como corpo de conhecimento fechado ou em construção (organizado e estruturado por teorias relativamente estáveis, não obstante evoluir em tempos

históricos de forma a tornar-se mais adequado para descrever os factos ou mais potente em termos preditivos) [17].

Em muitos países realizaram-se reformas na formação de professores, com cunhos diversificados. Atualmente a ênfase atribuída às reformas educativas e de formação de professores na maior parte dos países, embora esta última tenha estudos em número reduzido nesta última década [24], foca-se na qualidade da formação e das competências dos alunos e no desenvolvimento profissional e qualificação de professores para o exercício da sua profissão [25-27]. Todavia, considerar a formação de professores como um processo de aprendizagem ao longo de toda a vida exige dela, uma conceptualização mais ampla [28]. Provavelmente, devem procurar-se as razões desta ampliação justamente no interesse pela construção do conhecimento profissional, ou seja, aprender a ensinar tem a ver, em definitivo, com a construção da identidade de um professor, motivado por fatores práticos, políticos e académicos (Idem). As bases conceptuais para tomar decisões no currículo da formação do professorado [28] permitem uma representação dos tipos e características do conhecimento profissional e dos processos para o seu desenvolvimento.

A teoria dos campos conceptuais desenvolvida por Vergnaud [22] em 1987 e utilizada em educação em física por diversos autores [29-36], permite uma unidade de pensamento e de ação e uma organização que permitem a mobilização de certas formas de utilizar os conceitos em situações complexas [21]. De acordo com a teoria de Vergnaud, o conhecimento encontra-se organizado em campos conceptuais e que o sujeito se apropria destes campos conceptuais ao longo de muito tempo, através de experiência, maturidade e aprendizagem [29]. A construção dos conceitos é feita pelos aprendizes quando estes são expostos a situações-problemas [30], que ao enfrentá-las, procuram interpretá-las por meio de seus significados e suas representações [31], mobilizando vários conceitos relacionados entre si, vários invariantes e várias situações-problemas em que já obtiveram sucesso [33]. A sua utilização nas práticas de ensino dos professores e nas aprendizagens dos alunos é considerado como um referencial importante para se entender o processo de resolução de problemas e apontar caminhos para minimizar as dificuldades dos alunos [37], e na formação de professores como uma área de investigação promissora [2].

## 2.1. Modelo didático específico sobre campo conceptual de força na formação de professores de física em Angola

Nesta secção apresenta-se e ilustra-se o modelo didático específico sobre campo conceptual da força (MDE-CCF) que esteve na base da formação continuada de professores. Refira-se desde já que os professores

possuíam uma reduzida formação científico-didática [2, 9], e que a formação tinha como principal objetivo desenvolver competências no domínio específico do ensino introdutório do conceito da força como interação entre sistemas materiais. Na verdade, um campo conceptual não se restringe a um conceito apenas [29, 38], mas a uma área específica de ciências [29], seja ela de física, química, biologia, matemática, etc. Todavia, atendendo à universalidade do conceito de força poder tocar quase todos os tópicos da física, sejam eles no domínio macroscópico como no domínio microscópico, julga-se pertinente tratá-lo aqui, no âmbito de um modelo didático específico. Além disso, ao referirmo-nos a força, estamos na verdade a referir uma rede de conceitos (interação, aceleração, velocidade, posição, partículas, sistema, ponto de aplicação, etc.) que inclui os conceitos mais fundamentais de mecânica. Procura-se com este modelo fazer uma abordagem analítica do conceito enraizado na ideia de interações entre sistemas materiais, que não prejudica a essência do conceito a qualquer nível, pois o seu alargamento para as interações entre partículas materiais ou cargas pontuais com o meio físico [39], pode se adaptar satisfatoriamente no processo do ensino e de aprendizagem de física.

Pretendia-se que a formação baseada nesse modelo viesse a ter repercussões positivas nas práticas de ensino dos professores e nas aprendizagens dos seus alunos do I Ciclo do Ensino Secundário sobre a identificação de diferentes tipos de forças aplicadas a sistemas materiais, sua relação com os objetos materiais em interação, pontos de aplicação e linhas de ação, orientação e representação vetorial, como ponto de partida para outras operações mentais dos alunos ligadas a definição do seu conceito, formulação matemática, representação gráfica e a sua correspondente unidade de medida no sistema internacional (SI) e no sistema CGS, cumprindo assim o currículo nacional angolano.

O MDE-CCF, que se apresenta aqui, fundamenta-se nas representações figurativas de Astolfie cols. [40], nos diagramas objetos-interações (DOI) e nas bandas desenhadas de Dumas-Carré e Goffard [41], nos diagramas de sistemas em interação (DS) de Viennot [42] e Lopes [17]. A Fig. 1 ilustra a sequência de ações de ensino e de aprendizagem de forma para que os alunos colocados perante uma situação física possam, progressivamente em termos de abstração, representá-la com vista à identificação dos sistemas em interação e posteriormente à representação das forças. Este modelo didático assenta em diversos tipos de representação gráfica já referidos e em modelos de ensino que privilegiam a evolução conceptual [11-13] e permitem que o professor trabalhe na zona de desenvolvimento próximo dos alunos enfatizando a(s) fase(s) do modelo didático que requerem mais atenção, de modo a provocar neles a desestabilização [29-30] necessária que os possa conduzir na focalização dos aspetos fundamentais e comuns

que dão sentido ao conceito [29, 38], pretendido. Tendo em conta aos argumentos principais de Vergnaud sobre o campo conceptual [29, 36], chama-se a atenção que o esquema da Fig. 1 deve ser utilizada diversificando as situações-problemas.

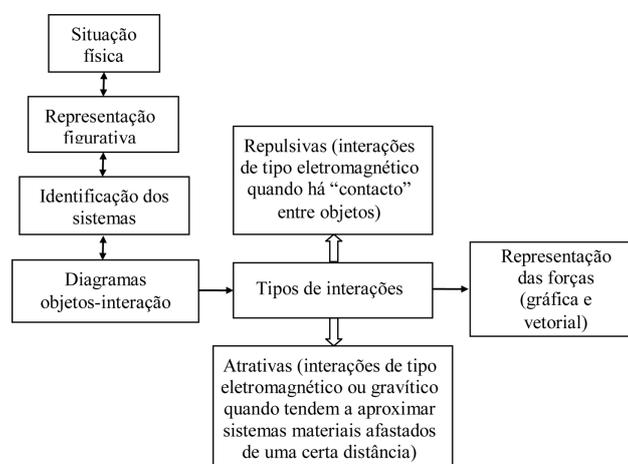


Figura 1 - Modelo didático específico ao campo conceptual de “força newtoniana”.

A Tabela 1 ilustra os passos sugeridos para o estudo das forças aplicadas a sistemas materiais segundo o mesmo modelo para as seguintes situações físicas:

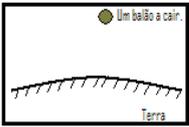
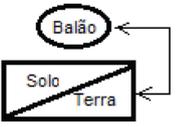
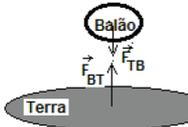
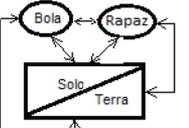
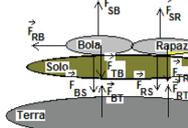
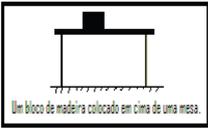
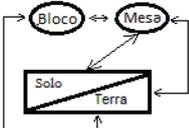
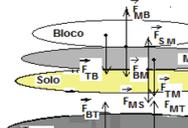
- 1) Um balão a cair do ar;
- 2) Um rapaz a chutar uma bola;
- 3) Um bloco de madeira colocado em cima de uma mesa plana.

A formação de professores consistiu na realização de um seminário e num plano de acompanhamento dos professores após seminário, como forma para procurar romper com as suas práticas conservadoras de ensino [43], na perspectiva de que a qualificação de professores e o desenvolvimento da sua autonomia profissional são buscas contínuas e “sem fim” [44].

É de salientar que a situação de um balão a cair do ar permite: i) abordar os conceitos de sistema, interação a distância, aceleração, posição, partícula, ponto de aplicação, etc.; ii) construir invariantes tais como a Terra é um sistema que interage com qualquer objeto com uma certa massa que esteja na sua proximidade ou a linha de ação das forças da interação gravítica passa pelos centros de gravidade da Terra e do corpo considerado; iii) tornar presente situações do tipo em que os sistemas não estão em contacto físico, mas estão e interação.

A situação de um rapaz a chutar uma bola permite: i) abordar os conceitos de sistema, interação por contacto (macroscopicamente), aceleração, posição, partícula, ponto de aplicação, etc.; ii) construir invariantes tais como só há força a atuar na bola enquanto durar a interação entre rapaz e bola; iii) tornar presente situações que clarificam que só atuam forças num sistema quando este sistema está a interagir com outro.

Tabela 1 - Exemplos da aplicação do MDE-CCF para identificar sistemas materiais, sistemas em interação entre si e representar tipo de forças correspondentes a cada interação.

Situação física	1º Passo	2º Passo	3º Passo	4º Passo
Um balão a cair do ar	 <p>Um balão a cair.</p>			
Um rapaz a chutar uma bola	 <p>Um rapaz chuta uma bola.</p>			
Um bloco de madeira colocado em cima de uma mesa plana	 <p>Um bloco de madeira colocado em cima de uma mesa.</p>			

A situação de um bloco de madeira colocado em cima de uma mesa plana permite: i) abordar os conceitos de sistema, interação a distância e por contacto (macroscopicamente), aceleração, posição, partícula, ponto de aplicação, etc.; ii) construir invariantes tais como o ponto de aplicação das forças em jogo numa interação por contacto estão aplicadas nas respetivas superfícies; iii) tornar presente situações do tipo em que é necessário considerar mais que uma interação.

No seu conjunto as três situações permitem estender o campo conceptual de força.

### 3. Descrição do estudo empírico

O estudo empírico organizou-se em três fases: i) exploratória, de diagnóstico ii) programa de formação de professores e iii) práticas de ensino resultantes da formação.

A fase exploratória, iniciada em 2006, consistiu num estudo diagnóstico sobre o perfil de formação académica e profissional de 20 professores de física do I Ciclo do Ensino Secundário de Cabinda (Angola) e de um outro estudo envolvendo 125 alunos da 7ª, 9ª e 12ª classe sobre conhecimentos físicos do conceito newtoniano de força.

A fase de formação de professores teve lugar em junho de 2007 com o envolvimento de 6 professores de física do I Ciclo do Ensino Secundário de Cabinda (Tabela 2) e um Inspetor da área das ciências naturais. Visou, para além de contribuir para o desenvolvimento profissional dos professores envolvidos, analisar

a eficácia do MDE-CCF na formação de professores. No contexto da formação organizou-se um seminário de 25 horas, desenvolvido em cinco dias, seguido de um plano de acompanhamento realizado nos meses de agosto e princípio de setembro de 2007, com todos os professores exceto o Inspetor. Com esta abordagem procurou-se desenvolver conhecimentos científico-didáticos necessários para utilizar nas práticas de ensino, usando de forma intensiva o MDE-CCF.

Os dados de análise utilizados nesta fase foram: relato do seminário realizado pelo formador, percepções dos professores sobre o seminário, através de um questionário aplicado, e relatos do formador sobre o plano de acompanhamento, nomeadamente o relativo à incorporação ou não do MDE-CCF na planificação das aulas dos professores formandos.

A última fase, das práticas de ensino, que incluiu um estudo multicase [45] com professores e respetivos alunos, desenvolveu-se em setembro de 2007. Nesta fase participaram 4 professores formandos e 674 alunos de 7ª classe de três escolas do I Ciclo do Ensino Secundário de Cabinda. Esta fase visou analisar a eficácia do MDE-CCF nas práticas de ensino dos professores formandos e destas nas aprendizagens dos seus alunos. Utilizou-se como dados de análise: i) as narrações das aulas a partir da vídeo-gravação, sobre a condução das aulas e o uso do modelo didático proposto; ii) as percepções dos alunos sobre a condução das aulas e uso do modelo didático trabalhado; iii) o relato de acompanhamento sobre a condução das aulas e o uso ainda do mesmo modelo didático.

Tabela 2 - Características dos professores participantes da formação.

Professores	Escola	Idade	Formação académica	Tempo de serviço	Tempo de serviço em ensino de física
M	Tando Zinze (Tz)	20	PUNIV (Sem formação superior)	2	2
A	Luvassa (Lv)	34	1º Ano da licenciatura em matemática	17	3
B	Luvassa (Lv)	33	Licenciatura em pedagogia	10	1
C	Barão Puna (Bp)	35	2º Ano da licenciatura em matemática	14	3
P	Barão Puna (Bp)	33	4º Ano da licenciatura em psicologia	10	1
R	Barão Puna (BP)	29	3ª Ano da licenciatura em matemática	10	1

## 4. Apresentação e análise de resultados

### 4.1. Fase exploratória

Os resultados obtidos do questionário administrado aos 20 professores e do questionário de conceitos dos 125 alunos permitiram-nos [2] afirmar que: (a) a formação inicial dos professores em física é muito diminuta; (b) os alunos evidenciam aprendizagens reduzidas sobre o conceito de força, o que sugere que as práticas do ensino levadas a cabo pelos professores não proporcionam sólidas aprendizagens pelo menos ao nível desse conceito.

Para melhorar as aprendizagens de física dos alunos considerou-se que, primeiro, se privilegiasse as práticas de ensino levadas a cabo pelos seus professores, incrementando ações que visassem a sua formação.

### 4.2. Fase da formação de professores

Os resultados obtidos sobre a perceção dos professores participantes na ação formativa relativa à formação recebida estão resumidos na Tabela 3. Estes evidenciam que os professores percecionaram a formação, e nesta o MDE-CCF, como um importante contributo para desenvolverem os seus conhecimentos científico-didáticos.

### 4.3. Fase das práticas de ensino (estudo multicase)

A fase do estudo multicase conheceu alguns constrangimentos que influenciaram o funcionamento desejável das práticas de ensino dos professores, nomeadamente:

a) O professor da Escola de Tando Zinze (Tz) trabalhou sozinho, porque era o único professor de física da escola por isso não tinha ninguém com que podia trocar ideias;

b) As práticas de ensino dos professores da Escola de Luvassa (Lv) ficaram afetadas pelos alunos finalistas estagiários da Escola de Formação de Professores, que ocuparam as suas turmas, passando os professores da Escola a orientar-lhes sem poder fazer o uso conveniente do MDE-CCF;

c) As práticas de ensino dos professores da Escola “Barão Puna” foram afetadas por uma invasão de um grupo de marginais, perturbando o normal funcionamento da escola.

Apesar destes constrangimentos nas escolas, os dados registados acerca das práticas de ensino e do uso do MDE-CCF nas aulas, e conseqüentemente nas aprendizagens dos alunos resultantes dessas práticas de ensino, são importantes para avaliarmos a eficácia do modelo didático trabalhado, como confirmam os exemplos seguintes.

Tabela 3 - Resultados referentes ao estudo sobre a formação de professores.

Dados de análise	Parâmetros de análise	Escolas					
		Tando Zinze	Luvassa		B. Puna		
		M	A	B	C	P	R
Relato do seminário dos professores	-Contacto com o modelo de interação entre sistemas materiais para a introdução do conceito da força newtoniana através de um texto de apoio	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
	-Colaboração na sua formação através de dúvidas científicas e metodológicas e sugestão baseadas na experiência pessoal de cada professor, incluindo envolvimento em tarefas planificadas	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Avaliação do seminário pelos professores	-Aspectos negativos na apresentação e organização dos conteúdos do seminário	Não	Não	Não	Não	Não	Não
	-Aspectos negativos na realização do seminário	Não	Não	Não	Não	Não	Não
Relato de acompanhamento (RA) após o seminário	-Incorporação do modelo didático na planificação das aulas	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
	-Manifestação do interesse no aprofundamento de questões científico-didáticas relativas ao modelo didático	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
	-Escolas debatem-se com dificuldades de natureza administrativa e organizativa	D	MD	MD	MD	MD	MD

Legenda: D - Com dificuldades; MD - Com muitas dificuldades.



Tabela 5 - Traços da mediação do professor M.

Episódios	Categorias de análise				
	Exploração das situações feitas pelo professor	Interação com os alunos	Qualidade das perguntas feitas	Significados gestos dos professores	Síntese
Ep1	Para enquadrar os alunos, o professor falou de: -Corpos sujeitos a interações (corpos em contacto); -Descrição de situações físicas; -Representação figurativa de situações físicas; -Identificação de sistemas materiais de uma situação física	Através de perguntas/respostas sobre a revisão da matéria dada, representando figurativamente a situação física, enquanto os alunos escutam, respondem e também desenham nos cadernos	Perguntas de motivação e de exploração de conhecimentos feitas pelo professor	Um gesto de orientação com o dedo indicador	Descrição resumida dos diferentes passos analisados começando pela representação figurativa de uma situação física (fazendo desenho)
Ep2	Para iniciar a aula, o professor aponta no quadro a representação figurativa da situação física (carro parado na estrada), que confunde com a situação física propriamente dita	Não houve	Pergunta de conclusão de frase	Orientar os alunos com o dedo indicador a representação figurativa do quadro	Não houve
Ep3	Continua com a aula, apagando a representação figurativa anterior no quadro, que o professor chamou de situação física, faz no quadro um desenho semelhante e corrige dizendo que aquela representação figurativa caracterizava a situação física de um carro parado	Não houve	Nenhuma pergunta registada	Nenhum gesto específico registado	Não houve
Ep4	A aula continuou com a identificação dos sistemas materiais da referida situação física, desenhando no quadro um oval e um retângulo dividido pela diagonal, colocando as palavras carro, chão e Terra no oval e nos espaços do retângulo, respetivamente	Através de um comentário leva os alunos, em coro, a mencionar, acompanhando o professor, os sistemas materiais identificados na situação física	Perguntas de conclusão de frases	Orientar os alunos com o dedo indicador os diferentes sistemas materiais identificados na situação física	Não houve
Ep5	A aula prossegue com a identificação de interações estabelecidas entre os diferentes sistemas materiais (contacto e à distância) da situação física, colocando setas de sentido duplo	Através de perguntas/respostas sobre a identificação de interações estabelecidas entre os sistemas materiais	Perguntas de reflexão (silêncio dos alunos para pensarem primeiro), perguntas de orientação para as respostas corretas	Nenhum gesto específico registado	Não houve
Ep6	Depois da identificação de tipos de interações, passou-se para a identificação de tipos de forças (repulsivas e atrativas) de uma situação física	Através de perguntas/respostas acompanhadas de alguns comentários sobre a identificação de tipos de forças de uma situação física	Perguntas de reflexão (silêncio dos alunos para pensar primeiro), perguntas de orientação para as respostas corretas	Orientar os alunos com o dedo indicador os diferentes sistemas materiais identificados na situação física para explorar os tipos de forças aplicadas	Não houve
Ep7	Para concluir a aula, o professor mandou os alunos tomarem os apontamentos do quadro para os seus cadernos diários sob a sua vigilância. Atendeu as dúvidas colocadas pelos alunos. Mandou arrumar o material dos alunos antes de lhes fazer sair da sala	Tarefas independentes dos alunos nos cadernos (tomando apontamentos nos cadernos diários). Esclarecimento de dúvidas levantadas pelos alunos	Perguntas feitas pelos alunos ao professor, como dúvidas da aula	Nenhum gesto notável	Resumo de todos os passos dados na aula para recordar as diferentes etapas de construção do conceito da força aplicada a um sistema material

No sentido de se estudar a percepção dos alunos sobre as aulas, foram recolhidas as suas respostas a um questionário relativo à forma como perceberam as práticas de ensino dos seus professores relativos ao uso do MDE-CCF. A análise dessas respostas encontra-se sistematizada na Tabela 7. Em geral, a percepção que os alunos têm das aulas está de acordo com a análise

relativa aos traços da mediação.

Estes resultados mostram que as práticas dos professores incorporam o MDE-CCF de uma forma esquemática e rígida, e os alunos reconhecem que há esforço do professor para fazer uma efetiva mediação das suas aprendizagens embora mantendo os traços de práticas de mediação que habitualmente tinham.

Tabela 6 - Síntese da análise das narrações (todos os casos).

Objeto de análise	Parâmetros de análise	Escolas					
		Tando Zinze		Luvassa		Barão Puna	
		M	A	B	C	P	R
Narrações (N) sobre a condução da aula e a proposta didática	Dimensão indicadores uso do modelo MDE-CCF						
	- Passos didáticos do modelo	Seq	-	Seq	-	Seq	Seq
	- Uso das representações gráficas	Seq	-	Seq	-	Seq	Seq
	- Correção científica da abordagem do conceito força	Boa	-	C/Erros	-	C/Erros	Boa
	Escolhas das situações físicas	Uma	-	Confusas	-	Confusas	Duas
	Dimensão traços da mediação						
	-Exploração das situações feitas pelo professor	Boa	-	Confusa	-	Confusa	Boa
	-Interação com os alunos	Houve	-	PV	-	Houve	Houve
-Qualidade das perguntas feitas	Diversa	-	Diversa	-	Diversa	Diversa	
-Significados dos gestos do professor	De Orient.	-	De Orient.	-	De Orient.	De Orient.	

Legenda: Seq - sequência sugerida pelo modelo, PV- Poucas vezes; Orient- Orientação.

Tabela 7 - Síntese dos resultados das percepções dos alunos.

Objeto de análise	Parâmetros de análise	Escolas					
		T. Zinze		Luvassa		Barão Puna	
		M	A	B	C	P	R
Percepções dos alunos (PA) sobre a condução da aula e a proposta didática usada	-Durante as aulas, o professor permitiu a discussão das ideias com os colegas da sala e o próprio professor para compreender a matéria	Poucas vezes	-	Não	-	Poucas vezes	Sim
	-Durante as aulas, usou-se exemplos do quotidiano dos alunos	Sim	-	Com reserva	-	Sim	Vários
	-A aprendizagem dos alunos preocupou o professor durante as aulas	Sim	-	Com Reserva	-	Sim	Sim
	-Quem mais formulou perguntas e realizou tarefas nas aulas, professor ou alunos	Professor	-	Professor	-	Professor	Professor

Para a avaliação dos resultados das aprendizagens dos alunos resultantes dessas práticas foram selecionadas duas questões das várias colocadas no questionário de conceitos inicial, dada a sua pertinência na análise das concepções dos alunos em termos de identificação das forças aplicadas nos sistemas materiais usando o MDE-CCF. Apresentam-se de seguida esses resultados em função de duas das questões colocadas.

A primeira questão tinha o seguinte enunciado:

Observe cuidadosamente a Fig. 2, que mostra o movimento de uma pedrinha lançada ao ar. Escreva no quadro abaixo um (X) debaixo da coluna com o registo de forças aplicadas na pedrinha, apenas a frente das

forças verdadeiramente consideradas aplicadas na pedrinha e debaixo das outras colunas a respetiva justificação, indicando o outro corpo com que interatua. Se não interatuar com nenhum outro corpo, assinale na coluna de não existe. Se não souber, escreva na coluna de não sei do mesmo quadro.

Os resultados obtidos dos alunos participantes no estudo multicase e dos alunos da 7<sup>a</sup>, 9<sup>a</sup> e 12<sup>a</sup> classe da fase exploratória sobre a 1<sup>a</sup> questão, estão sistematizados na Fig. 3.

Um exemplo das escolhas feitas pelos alunos quanto ao corpo que participa na interação relativa às forças identificadas como gravíticas encontra-se na Fig. 4.

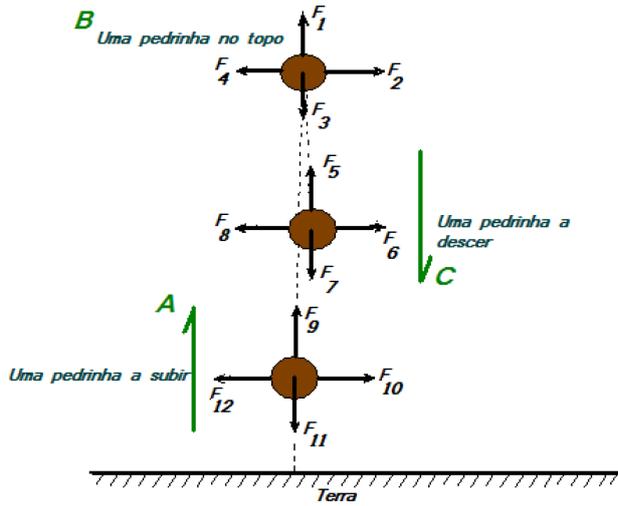


Figura 2 - Movimento de uma pedrinha lançada ao ar.

Os resultados apresentados nas Figs. 3 e 4 mostram que as escolhas dos alunos dos casos de investigação foram induzidas pelo ensino pois identificam a força interação gravítica, ainda que não conseguiu evitar a conceção de força associada ao sentido de movimento.

A segunda questão foi formulada como segue:

Observe cuidadosamente a Fig. 5 que mostra o movimento de um carro sem motor a deslizar-se sobre uma mesa horizontal. Escreva no quadro abaixo um (X) debaixo da coluna com o registo de forças aplicadas no carro sem motor, apenas a frente das forças verdadeiramente consideradas aplicadas no carro sem motor e debaixo das outras colunas a respetiva justificação, indicando o outro corpo com que interatua. Se não interatuar com nenhum outro corpo, assinale na coluna de não existe. Se não souber, escreva na coluna de não sei do mesmo quadro.

Os resultados obtidos dos alunos participantes no estudo multicase e dos alunos da 7<sup>a</sup>, 9<sup>a</sup> e 12<sup>a</sup> classe da fase exploratória estão apresentados na Fig. 6. As Figs. 7 e 8 representam as escolhas dos alunos, quanto ao corpo que participa em cada interação, para as forças identificadas como gravíticas e força normal, respetivamente.

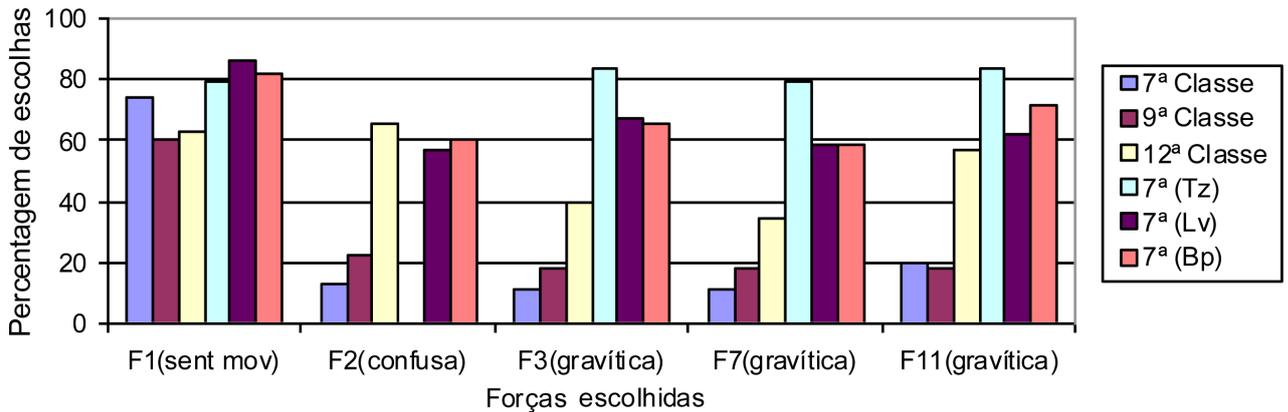


Figura 3 - Gráfico de resultados comparativos dos alunos sobre a 1ª questão.

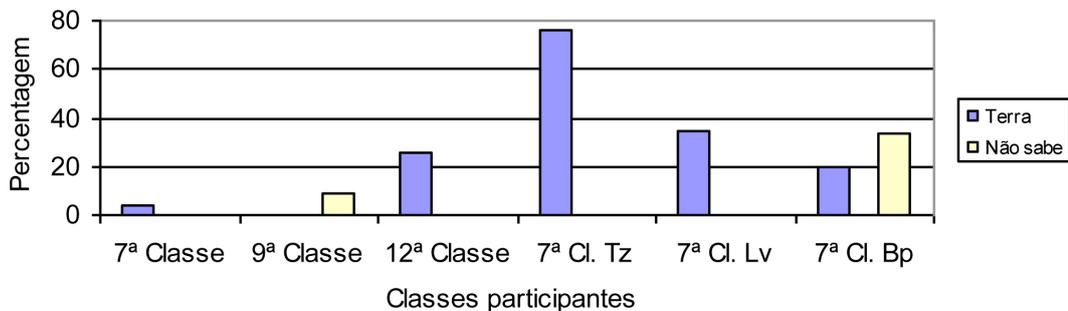


Figura 4 - Gráfico das justificações apresentadas pelos alunos no caso de uma força identificada como gravítica (F<sub>3</sub>).

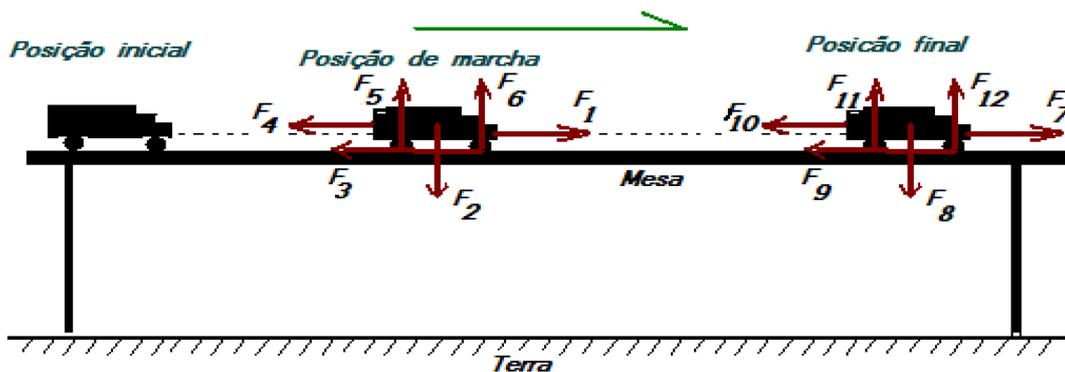


Figura 5 - Movimento de um carro sem motor a deslizar-se sobre uma mesa horizontal.

Forças propostas	Forças aplicadas no carro	Devido à presença do seguinte corpo							
		Próprio carro	Terra	Quem o empurrou	Tampo da mesa	Céu	Ar	Não existe	Não sei
$F_1$									
...									
$F_i$									
...									
$F_{12}$									

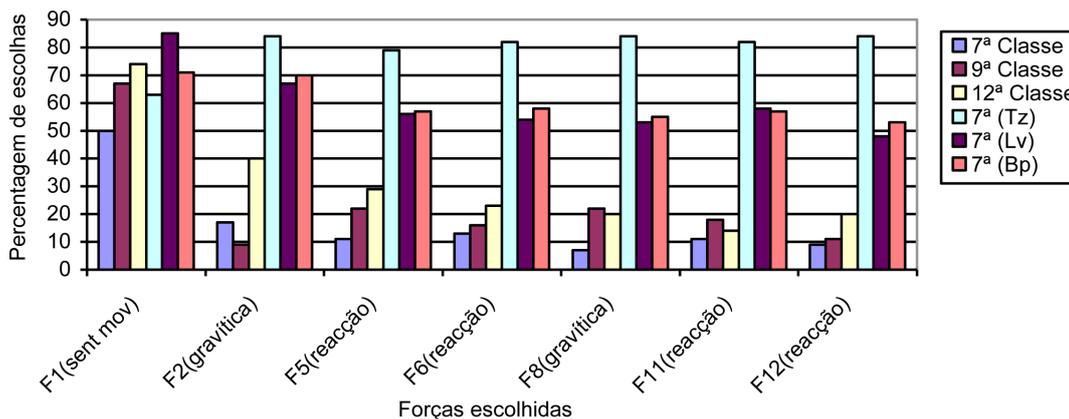


Figura 6 - Gráfico de resultados comparativos dos alunos sobre a 2ª questão.

Os resultados apresentados nas Figs. 6, 7 e 8 revelam que os alunos dos casos de investigação são muito melhores em relação aos dos alunos dos casos de referência, no que respeita à identificação de forças presentes em interações à distância e por contacto e ainda

na identificação dos sistemas que participam na interação. Todavia, continuam ainda, a comungar a ideia de que um sistema material em movimento implica sempre uma força aplicada, com o sentido do movimento.

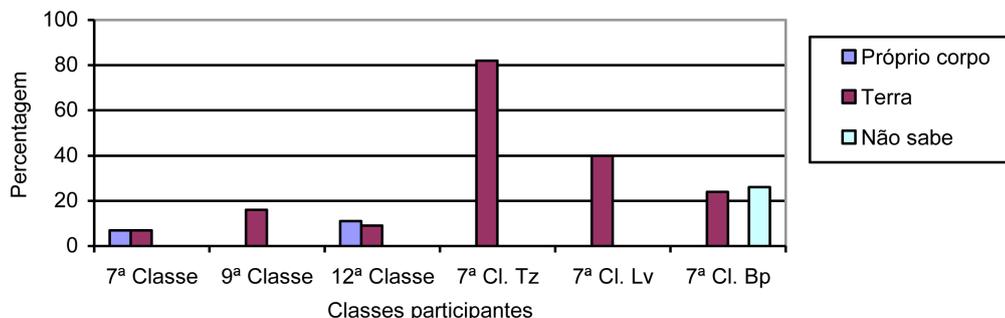


Figura 7 - Exemplo de um gráfico das justificações apresentadas pelos alunos no caso de uma força identificada como gravítica ( $F_2$ ).

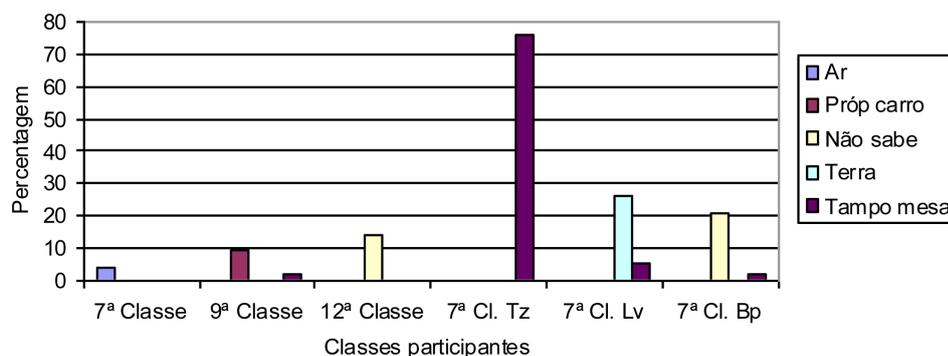


Figura 8 - Exemplo de um gráfico das justificações apresentadas pelos alunos no caso de uma força identificada como força normal ( $F_5$ ).

## 5. Discussão e conclusões

Este estudo insere-se na área da formação continuada de professores, nomeadamente em contextos onde a formação inicial apresenta um elevado défice [2, 9]. O estudo pretendeu, mais especificamente, analisar a eficácia da formação baseada num modelo didático específico que usa um campo conceptual específico, uma rede conceptual centrada num conceito particular, como é o caso da força, e não a um conjunto de tópicos científicos, como sugeriu Vergnaud [29, 38], quer ao nível das práticas de ensino dos professores quer das aprendizagens dos alunos [2].

A fase exploratória clarificou e deu relevância empírica ao problema de investigação, justificando desta forma a necessidade da formação dos professores de física no ativo em Angola como forma de potenciar a qualidade do ensino [25-27] de física naquela Província angolana.

Os resultados da fase de formação dos professores são indicadores que serviram de apoio para inferir que o MDE-CCF foi relevante e útil [2] para formar os professores [28], superando as dificuldades detetadas sobre o conceito de força no estudo diagnóstico, o que lhes permitiu tornarem-se profissionais mais competentes [25-28].

A análise da ampliação do campo conceptual (em termos de invariantes, rede conceptual, ou situações) no ensino e na aprendizagem não foi feita diretamente. A análise relativa aos invariantes foi inferida a partir das respostas dos alunos ao teste. Os resultados dos testes mostram claramente uma ampliação do campo conceptual de força. A análise das situações foi estudada apenas no ensino a partir das narrações das práticas, verificando-se que as experiências proporcionadas aos alunos centram-se apenas numa ou duas situações. De acordo com a teoria dos campos conceptuais de Vergnaud é importante que no ensino sejam consideradas uma maior variedade de situações a explorar para enriquecer ainda mais o campo conceptual de força dos alunos.

Os resultados alcançados com a análise das

narrações das práticas do ensino dos professores, das perceções dos alunos sobre as práticas do ensino e do relato do acompanhamento acerca da condução das aulas e do uso do MDE-CCF e, ainda, os resultados das aprendizagens dos alunos mostram que:

- O MDE-CCF não só foi eficaz durante a formação de professores, como foi também eficaz nas suas práticas do ensino [2];
- Estas práticas melhoraram as aprendizagens dos alunos [37]. Em particular, o uso da teoria dos campos conceptuais, na conceção do modelo didático como nas práticas dos professores, permitiu que certos invariantes do campo conceptual de força fossem adequadamente tratados e isso tenha sido identificado nas respostas dos alunos que participaram no estudo.
- No domínio didático-metodológico, um campo conceptual pode não ser referente apenas a grandes tópicos de ciências [29, 38], mas a uma rede conceptual centrado num conceito específico abrangente, como é o caso da força newtoniana, abarcando uma variedade de situações, invariantes e conceitos relacionados com o conceito central.

## 6. Conclusões

Estas evidências asseguram-nos de que uma formação de professores de física, assente num modelo didático específico, é viável para os professores no ativo em Angola. Pode ser, assim, uma via para suprimir algumas das fragilidades detetadas nos professores ao nível das suas práticas de ensino [28].

Tendo em atenção os resultados globais registados neste estudo conclui-se:

A formação de professores intensiva e com um acompanhamento mínimo no terreno e assente num modelo científico e didático de um conteúdo curricular conduz, em contextos similares ao de Angola, a práticas de ensino que usam de facto esse modelo. Estas práticas de ensino determinam melhorias importantes na qualidade das aprendizagens dos alunos.

Esta conclusão é de uma grande importância social, pois mostra que se pode suprir as fragilidades da

formação de professores, pelo menos em países que têm semelhanças educativas com Angola, desde que se recorra a especialistas que possam contribuir para a elaboração de modelos didáticos específicos especialmente adaptados aos contextos educativos e culturais e a programas de formação de professores assentes naqueles modelos.

Esta é a (re)interpretação que podemos dar aos resultados desta investigação em Angola e noutros países do terceiro mundo com condições educativas semelhantes, para o ensino dos outros conceitos de física, em particular e das ciências em geral.

Atendendo ao poder que hoje as TIC exercem sobre a formação acelerada dos técnicos em qualquer área de saber, a inclusão do uso dos modelos didáticos específicos utilizando os campos conceptuais de Vergnaud nos modelos de ensino à distância, por exemplo, poderiam ser uma vertente viável para a formação dos professores em Países subdesenvolvidos, como é o caso de Angola, desde que fossem garantidos os meios técnicos necessários.

## Referências

- [1] P.D. Peterson, *O Professor do Ensino Básico - Perfil e Formação* (Instituto Piaget, Lisboa, 2003).
- [2] D.K. Nzau, *Das Conceções dos Alunos sobre Força ao Desenvolvimento de Estratégias de Ensino Fundamentadas num Modelo Didático Construtivista*. Tese de Doutoramento, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, 2010.
- [3] F.A. Cachapuz, *Formação de Professores - Ciências - Perspectivas de Ensino* (Centro de Estudos de Educação em Ciência, Porto, 2000).
- [4] M.U. Hanrahan, *Science Education* **90**, 8 (2005).
- [5] J. Lemke, *Talking Science: Language, Learning, and Values* (Ablex, New Jersey, 1990).
- [6] M. O'Loughlin, *Journal of Research in Science Teaching* **29**, 791 (1992).
- [7] P.C. Taylor, *Educational Studies in Mathematics* **31**, 151 (1996).
- [8] K. Tobin, *Research in Science Education* **30**, 89 (2000).
- [9] D.K. Nzau, J.B. Lopes e N. Costa, in: *Actas do XII Encontro Nacional de Ensino em Ciências* (ENEC, Vila Real, 2007), p. 277-280.
- [10] R. Monteiro, J. Carrillo e S. Aguaded, *Research in Science Education* **38**, 301 (2008).
- [11] B. Miri, B.-C. David e Z. Uri, *Research in Science Education* **37**, 353 (2007).
- [12] S. Brown, *Cambridge Journal of Education* **35**, 383 (2005).
- [13] A. Savinainen, P. Scott e J. Viri, *Science Education* **89**, 175 (2005).
- [14] G. Brante, *Teaching and Teacher Education* **25**, 430 (2009).
- [15] J.B. Lopes, J.P. Cravino, M.J. Branco, E. Saraiva e A.A. Silva, *Problems of Education in the 21st Century* **9**, 42 (2008).
- [16] A. Martins, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **31**, 3402 (2009).
- [17] J.B. Lopes, *Aprender e Ensinar Física* (Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 2004).
- [18] J.B. Lopes, J.P. Cravino e A.A. Silva, *International Yearbook on Teacher Education* (ICET - The International Council on Education for Teaching, Illinois, 2008), p. 377-384.
- [19] L.S. Vygotsky, *Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes* (Harvard University Press, Cambridge, 1978).
- [20] P.H. Scott, E.F. Mortimer e O.G. Aguiar, *Science Education* **90**, 605 (2006).
- [21] J.B. Lopes, *Processos e Entidades Envolvidos na Aprendizagem de Física* (Universidade de Aveiro, Aveiro, 2002).
- [22] D. Vergnaud, in: *Encyclopédie de la Pléiade Psychologie*, edited by J. Piaget, P. Mounoud e J.P. Bronkard (Gallimard, Paris, 1987), p. 821-844.
- [23] Jiménez-Aleixandre, M. *Dubidar para Aprender* (Xerais, Vigo, 1996).
- [24] F. Rezende, F. Ostermann e G. Ferraz, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **31**, 1402-1 (2009).
- [25] J. Meirink, P. Meijer, N. Verloop e T.C.M. Bergen, *Teaching and Teacher Education* **25**, 89 (2009).
- [26] E. Mushyikwa e F. Lubben, *Teaching and Teacher Education* **25**, 375 (2009).
- [27] L. Starkey, A. Yates, L.H. Meyer, C. Hall, M. Taylor, S. Stevens e R. Toia, *Teaching and Teacher Education* **25**, 181 (2009).
- [28] L. Montero, *A Construção do Conhecimento Profissional Docente* (Instituto Piaget, Lisboa, 2001).
- [29] M.A. Moreira, *Investigações em Ensino de Ciências* **7**, 7 (2002).
- [30] E.T.O. Grings, C. Caballero e M. A. Moreira, *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia* **1**, 1 (2008).
- [31] E.T.O. Grings, C. Caballero e M. A. Moreira, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **26**, 463 (2006).
- [32] G.D. Carvalho Jr. e O. Aguiar Jr., *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* **25**, 207 (2008).
- [33] G. Lemeignan e A. Weill-Barais, *Construire des Concepts en Physique* (Hachette Éducation, Paris, 1993).
- [34] G. Lemeignan e A. Weill-Barais, *International Journal of Science Education* **16**, 99 (1994).
- [35] C. Larcher, in: *Didactique Appliquée de la Physique-Chimie*, edited by J. Toussaint (Nathan Pédagogie, Paris, 1996), p. 160-178.
- [36] J.B. Lopes e N. Costa, *International Journal of Science Education* **29**, 811 (2007).

- [37] C.O. Lozada, M.S.T. Araújo, W. Morrone e L.H. Amaral, *Revista LOGOS* **14**, 2 (2006), disponível em <http://www.feucriopardo.edu.br/logos/artigos/2006b/ARTIGOS1-pag2-C1\unhbox\voidb@x\bgroup\let\unhbox\voidb@x\setbox\@tempbox\hbox{a\global\mathchardef\accent@spacefactor\spacefactor}\accent19a\egroup\spacefactor\accent@spacefactorudiaLozada-logos14-2006.pdf>.
- [38] C.M.S.G. Sousa, M.A. Moreira e T.A.M. Matheus (2004), disponível em [www.lume.ufrgs.br/handle/10183/10450?show=full](http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/10450?show=full).
- [39] D. Halliday, R. Resnick e K.S. Krane, *Física 1* (Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., Rio de Janeiro, 1996).
- [40] J.-P. Astolfi, E. Darot, Y. Ginsburger-Vogel e J. Tousseint, *Práticas de Formação em Didática das Ciências* (Instituto Piaget, Lisboa, 2000).
- [41] A. Dumas-Carré e M. Goffard, *Rénover les Activités de Résolution de Problèmes en Physique - Concepts et Démarches* (Masson & Armand Colin, Paris, 1997).
- [42] L. Viennot, *Enseigner la Physique* (Éditions De Boeck Université, Bruxelles, 2002).
- [43] M.T. Valentini e N.M.S. Tsukamoto, in: *IX Congresso Nacional de Educação - EDUCERE e III Encontro Sul Brasileiro de Psicopedagogia*, Curitiba, 2009, p. 10193-10207, disponível em [http://www.pucpr.br/eventos/educere2009/anais/pdf/2020\\_1105.pdf](http://www.pucpr.br/eventos/educere2009/anais/pdf/2020_1105.pdf).
- [44] A.F.P. Martins, *Ensino de Ciências: Desafios à Formação de Professores* (2005), disponível em <http://www.ccsa.ufm.br/ccsa/docente/andreferrer/ftp/2005>.
- [45] L. Cohen, L. Manion and K. Morrison, *Research Methods in Education* (Routledge Falmer, London, 2000).