

Investigações sobre o conhecimento especializado de professores de física: estado da arte entre 2001 e 2018

Investigations on the specialized knowledge of physics teachers: state of the art between 2001 and 2018

Stela Silva Lima^{1*}, Marta Maria Pontin Darsie², Geison Jader Mello³

¹Doutoranda em Educação em Ciências e Matemática (REAMEC), Professora do EBTT no Campus Cuiabá, Instituto Federal de Mato Grosso.

²Instituto Doutora em Educação, Professora Titular no Campus Cuiabá, Universidade Federal de Mato Grosso.

³Doutor em Física Ambiental, Professor do EBTT no Campus Cuiabá, Instituto Federal de Mato Grosso.

*E-mail: stela.lima@ifmt.edu.br

Recibido el 16 de abril de 2021 | Aceptado el 26 de julio de 2021

Resumo

Este Estado da Arte concentra-se nos estudos sobre a Base de Conhecimento de professores de Física, para descrever suas principais características, assim como avaliar possíveis tendências. Há especial interesse em verificar se há na Física tendência a uma abordagem especializada desta Base de Conhecimento. A janela temporal estabelecida foi entre 2001 e 2018 e os bancos de dados consultados foram: o Banco de Teses e Dissertações da CAPES, periódicos internacionais e nacionais de ensino de Ciências e Física, identificou-se 33 estudos. A base teórica predominante é a tipologia de Shulman, de abordagem genérica, porém nos últimos anos observou-se incremento no uso de modelos específicos para Ciências e Física, o que pode sugerir uma tendência à adoção da especialização nestas pesquisas.

Palavras-chave: Base de conhecimento de professores de física; PCK; PTSK; Ensino de física.

Abstract

This paper is focused on studies on the Knowledge Base of Physics teachers, to describe its main characteristics, as well as to evaluate possible trends. There is a special interest in checking whether there is a tendency in Physics for a specialized approach to this Knowledge Base. The period studied was 2001-2018 and the databases consulted were: the Theses and Dissertations CAPES' Bank, international and national journals of Science and Physics for teaching, 33 studies were identified. The Shulman typology, with a generic approach, predominates among the studies, but recently there has been an increase in the use of specific models for Sciences and Physics teachers, which may suggest a trend towards the adoption of specialization in these researches.

Keywords: Teachers' physics knowledge base; PCK; Physics teaching.

I. INTRODUÇÃO

O tema Base de Conhecimento de Professores é recorrente nas pesquisas sobre a formação de professores. Introduzido no debate em 1986, por Lee Shulman, o conceito de Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (PCK, sigla em inglês

para: *Pedagogical Content Knowledge*) ainda faz-se presente neste debate. Porém, ao longo das décadas, houve modificações em sua interpretação e compreensão, o que originou diversos modelos que têm por objetivo caracterizar a Base de Conhecimento de professores, seu processo de formação e desenvolvimento (Ball, Thames y Phelps, 2008; Carrillo *et al.*, 2018; Magnusson, Krajcik y Borko, 1999; Mishra y Koehler, 2006; Moodley y Gaigher, 2019).

No Estado da Arte realizado por Goes¹ (2014) sobre o PCK, entre 1986 e 2013, foram identificados 1.716 estudos na área de conhecimento Ciências da Natureza e Matemática. Neste grupo há predominância da Matemática com a publicação de 739 trabalhos, observa-se nesta disciplina que há uma tendência à especialização na descrição dos conhecimentos de professores de Matemática (Moriel Junior y Wielewski, 2017). Neste mesmo estudo, Goes identifica que há mais publicações que abordam o conhecimento de professores de Ciências (607) do que pesquisas que abordem especificamente o conhecimento de professores de Física, Biologia ou Química (348). Deste modo observa-se que nas Ciências Naturais havia, até 2013, predominância da abordagem conjunta do tema Base de Conhecimento em detrimento a investigações específicas em cada disciplina, como é percebido na Matemática.

Tendo por interesse o paradigma da especialização do conhecimento de professores (Scheiner, Montes, Godino, Carrillo y Pino-Fan, 2017), conforme adotado na Matemática (Carrillo *et al.*, 2014; 2018), busca-se compreender o desenvolvimento das pesquisas realizadas especificamente sobre a Base de Conhecimento de professores de Física, excluindo-se pesquisas que abordem de modo amplo a investigação sobre professores de Ciências.

Assim, o objetivo do presente trabalho é mapear os estudos sobre a Base de Conhecimento de professores de Física, de modo a identificar e descrever suas principais características e avaliar possíveis tendências da produção acadêmica na área, nos primeiros 18 anos do século XXI.

Para tanto adota-se a pesquisa de Estado da Arte (Ferreira, 2002), cujos critérios de busca, seleção e classificação são apresentados na seção Percurso metodológico. Nos Resultados são descritos e discutidos a distribuição temporal e geográfica, a forma de divulgação, a língua de publicação, a base teórica adota, o tipo de pesquisa, os objetivos estabelecidos para investigação, o nível de ensino foco do estudo, a experiência dos professores sujeitos da pesquisa e os procedimentos e instrumentos de pesquisa adotados.

Conclui-se com breves considerações sobre as tendências observadas quanto aos caminhos que a pesquisa sobre a Base de Conhecimento de professores de Física apresenta e suas possibilidades frente ao paradigma da especialização do conhecimento de professores.

II. PERCURSO METODOLÓGICO

A pesquisa Estado da Arte busca sistematizar as pesquisas já desenvolvidas (Cachapuz, Paixão, Lopes y Guerra, 2008) sendo metodologicamente caracterizada como uma pesquisa de revisão bibliográfica (Ferreira, 2002). Assim, o Estado da Arte visa identificar e descrever as características da produção acadêmica sobre determinado tema, em um recorte temporal específico, em uma base de dados específica, sendo a descrição baseada em categorias que permitam a compreensão do conjunto de obras analisado (Ferreira, 2002).

Na perspectiva apresentada, o percurso metodológico adotado para o presente estudo caracteriza-se por três etapas: i) Busca e identificação dos trabalhos; ii) Leitura dos trabalhos e coleta de informações; e iii) Organização e análise das informações obtidas. O percurso metodológico está esquematizado na

FIGURA 1.

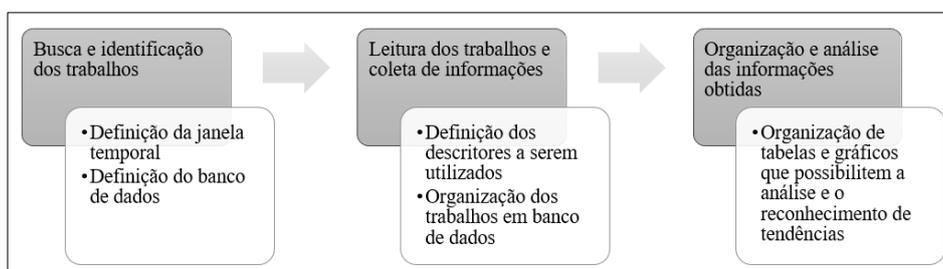


FIGURA 1. Percurso metodológico adotado para pesquisa, produzido pelos autores.

¹ Pesquisa de mestrado que analisou 3.329 publicações nacionais e internacionais que abordassem o conhecimento pedagógico do conteúdo no período de 1986 a 2013.

Os trabalhos foram pesquisados dentre publicações feitas de 2001 a 2018 (inclusive). Apesar dos estudos sobre a Base de Conhecimento de professores antecederem o período estipulado, busca-se com este intervalo de tempo concentrar a coleta de informações, e respectivas análises, em pesquisas mais recentes, sendo o lapso temporal de 18 anos suficiente para possibilitar predições sobre a evolução da linha de pesquisa.

A seleção do banco de dados foi feita em duas perspectivas, a nacional e a internacional, pois a adoção apenas de periódicos internacionais não traria à luz a produção nacional. Assim, no âmbito internacional foram conduzidas buscas nas plataformas on-line das principais revistas de ensino de ciências segundo Goes (2014): International Journal of Science Education; Journal of Research in Science Teaching; Science Education, Research in Science Education; e Journal of Science Teacher Education.

Como banco de dados nacional as buscas foram realizadas no Banco de Teses e Dissertações da CAPES e em periódicos com Qualis igual ou superior a B3 da área de educação e/ou ensino voltados para Física ou Ciências, os periódicos que atendiam estes critérios foram:

- A Física na Escola; Caderno Brasileiro de Ensino de Física;
- Caderno de Física da UEFS;
- Ciência & Educação;
- Ciência & Ensino;
- Ciência e Desenvolvimento - Revista Eletrônica da FAINOR (BA);
- E-Boletim da Física;
- Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências;
- Enseñanza de las Ciencias;
- Física y Cultura: Cuadernos Sobre Historia y Enseñanza de las Ciencias;
- La Fisica nella Scuola;
- Revista Brasileira de Ensino de Física; e
- Revista de Enseñanza de la Física.

A pesquisa nas bases de dados utilizou descritores com ‘conhecimento(s) de professor(es)’, ‘conhecimento(s) profissional(is)’, ‘conhecimento(s) docente’ e ‘conhecimento pedagógico do conteúdo’ sempre associados ao termo ‘física’. Em casos de baixo índice de retorno usou-se apenas os termos ‘conhecimento(s)’ e ‘física’ para aumentar a chance de identificação de trabalhos. Cada conjunto de descritores foi usado na língua apropriada da plataforma objeto da busca, português, espanhol, italiano e inglês.

Antes da leitura dos trabalhos selecionados estes foram numerados e identificados no banco de dados por seu Título, Autores; Ano, Língua e Forma de divulgação (FIGURA 2). Também foram definidos os descritores que seriam usados para sua caracterização, com base em pesquisas similares de Estado da Arte sobre o a base conhecimento de professores (Baxter y Lederman, 1999; Goes, 2014; Kind, 2009; Koehler, Shin y Mishra, 2012).

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
Item	Título	Referencia	Ano	Língua	País	Continente	Forma de divulgação	Tipo de pesquisa	Métodos e Estratégias adotados na coleta de dados	Experiência dos professores	Nível Escolar	Modelo adotado	Genérico ou Especializado	Objetivo da pesquisa	
1	Estudio exploratorio comparativo del conocimiento didáctico del contenido sobre pías galvánicas de profesores de secundaria en ejercicio y en formación	BRINES, A. B.; SOLAZ, J. J.; SANJOSE, V.	2016	Espanhol	Espanha	Europa	Artigos científicos	Pesquisa descritiva	CoRe	Professores em formação inicial e professores em exercício	Ensino Médio	PCK	Geral	Identificação da base de conhecimentos de professores de tópicos específicos	
2	Conhecimento Pedagógico do Conteúdo no Contexto da Educação Ambiental: Uma Experiência com Mestrandos em Ensino de Ciências	CORTES JUNIOR, L. P.; SA, L. P.	2017	Português	Brasil	América do Sul	Artigos científicos	Pesquisa de intervenção	Variadas Metodologias	Professores em formação inicial e professores em exercício	Educação Básica (não definido)	PCK da Cúpula	Ciências	Identificação da base de conhecimentos de professores de tópicos específicos	
3	Desarrollo del conocimiento profesional docente sobre espectroscopia durante un proceso de investigación-acción	LESCANO, A. J.; SANCHEZ, G. H.; LORENZO, M. G.	2018	Espanhol	Argentina	América do Sul	Artigos científicos	Pesquisa de intervenção	CoRe	Professores experientes	Ensino Médio	PCK	Geral	Análise do desenvolvimento da base de conhecimento de professores após intervenção	
4	Estudios sobre el profesor. Análisis de un caso en la enseñanza universitaria en ingeniería	ROCHA, A.; SOA, M.; STOESEL, A. F.	2017	Espanhol	Peru	América do Sul	Artigos científicos	Pesquisa descritiva	Variadas Metodologias	Professores experientes	Ensino Superior	PCK	Geral	Identificação da base de conhecimentos de professores de tópicos específicos	
5	Formación continua del profesorado de Física a través del conocimiento didáctico del contenido sobre el campo eléctrico en Ecuador: un caso de estudio	MELO, L.; CAÑADA, F.; DIAZ, M.	2017	Espanhol	Colômbia	América do Sul	Artigos científicos	Pesquisa de intervenção	Variadas Metodologias	Professores experientes	Ensino Médio	Magnusson et al (1999)	Ciências	Análise do desenvolvimento da base de conhecimento de professores após intervenção	
6	Emociones que emergen durante el análisis del conocimiento didáctico del contenido sobre el campo eléctrico	MELO, L.; CAÑADA, F.	2018	Espanhol	Colômbia	América do Sul	Artigos científicos	Pesquisa de intervenção	Variadas Metodologias	Professores experientes	Ensino Médio	PCK	Geral	Influencia dos aspectos afetivos no desenvolvimento da base de conhecimentos de professores.	
7	O Conhecimento Pedagógico do Conteúdo de Ionenídeos em Física numa proposta realizada através da parceria universidade-escola	CUNHA, L. S.	2017	Português	Brasil	América do Sul	Dissertações	Pesquisa descritiva	Variadas Metodologias	Professores em formação inicial	Ensino Médio	PCK	Geral	Compreensão do processo de desenvolvimento do conhecimento de professores sem intervenção	
8	Ciências nos Anos Iniciais: Uma Investigação das Práticas de Ensino de Física em uma proposta de formação de professores	FAVRETTO, T.	2018	Português	Brasil	América do Sul	Dissertações	Pesquisa descritiva	Variadas Metodologias	Professores experientes	Ensino Fundamental	Rollnick et al (2008)	Ciências	Identificação da base de conhecimentos de professores de tópicos específicos	
9	Conhecimento Especializado de Professores de Física: Uma proposta de Modelo Teórico	LIMA, S. S.	2018	Português	Brasil	América do Sul	Dissertações	Pesquisa descritiva	Análise de documentos	Não identificado	Não identificado	PTSK	Física	Proposição de modelo para caracterizar a base de conhecimento de professores de	

FIGURA 2. Tela do banco de dados organizado em planilha Excel produzido pelos autores.

Os primeiros descritores visam descrever o panorama das publicações no tocante a sua forma de divulgação e sua distribuição geográfica, temporal e linguística, conforme

TABELAI. Excetuando-se a data de publicação os demais descritores mencionados têm seus resultados fortemente influenciados pela busca em bancos de dados brasileiros, assim, a análise foi conduzida para o conjunto de trabalhos com e sem as publicações identificadas nos bancos de dados nacionais. Também foram analisadas possíveis variações dos resultados nos últimos cinco anos, entre 2014 e 2018, para identificação de possíveis tendências.

A área de conhecimento (Matemática, Ciências Humanas, Linguagens etc.), mesmo sendo um descritor comum em estudos semelhantes, não foi incluída, pois a seleção do estudo estava condicionada ao fato deste ser referente à área da Física.

TABELA I. Descritores adotados para distribuição das pesquisas em termos temporais, geográficos, de forma e idioma de divulgação.

Descritores	Indicadores
Forma de divulgação	Artigos científicos Dissertações Teses
Continente no qual o estudo foi conduzido	Nome do continente no qual o estudo foi conduzido
País no qual o estudo foi conduzido	Nome do país no qual o estudo foi conduzido
Ano	Ano de publicação ² da pesquisa
Língua	Idioma de publicação da pesquisa

Feita a caracterização inicial dos estudos, buscou-se compreender a abordagem teórica adotada para investigação da Base de Conhecimento de professores de Física. Para tanto, adotou-se como descritores: o ‘Modelo de conhecimento de professores adotado na pesquisa’ e a ‘Abrangência do modelo adotado’.

Os indicadores referentes ao descritor ‘Abrangência do modelo adotado’ visam analisar se há no estudo da Base de Conhecimento de professores de Física uma tendência a uma abordagem especializada, como na Matemática, ou não. Entende-se que a primeira sinalização desta tendência é a condução de estudos com uma abordagem teórica especializada, ou seja, se os modelos adotados foram construídos com foco apenas em professores de Física, com foco em professores de Ciências ou se são gerais e abrangem professores de todas as áreas disciplinares. Os descritores e indicadores referentes à abordagem teórica dos estudos estão descritos na TABELAII.

TABELA II. Descritores e Indicadores adotados para identificação da fundamentação teórica da pesquisa e de sua abordagem quanto ao conhecimento de professores de Física.

Descritores	Indicadores
Modelo de conhecimento de professores adotado na pesquisa ³	Magnusson et al. (1999): Modelo do Conhecimento Pedagógico do Conteúdo para o Ensino de Ciências (Magnusson et al., 1999) PCK da Cúpula: Modelo do Conhecimento Pedagógico do Conteúdo da Cúpula (Gess-Newsome y Carlson, 2013) PCK/NdC⁴: Modelo transformativo-reflexivo do Conhecimento Pedagógico do Conteúdo da Natureza da Ciência (Silva y Martins, 2018) PCK: Tipologia do Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (Shulman, 1986, 1987) PTSK⁵: Modelo do Conhecimento Especializado de Professores de Física (Lima, 2018) Rollnick et al. (2008): Modelo Adaptado para o Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (Rollnick, Bennett, Rhemtula, Dharsey y Ndlovu, 2008) TSPCK⁶: Modelo do Conhecimento Pedagógico do Conteúdo de um Tópico Específico (Mavhunga y Rollnick, 2013)
Abrangência do modelo adotado	Ciências Física Genérica

Outro aspecto analisado foi o ‘Tipo de pesquisa’, se com ou sem intervenção dos investigadores. Desta forma,

² Fez-se a opção pela data de publicação como referência, ao invés da data de conclusão dos estudos, pois a maioria das pesquisas não apresentava o intervalo temporal das investigações em seu texto.

³ Na sequência do texto os modelos são mencionados no texto, a partir daqui, apenas pelos termos em negrito, sem seu título completo ou suas referências bibliográficas, já identificadas na TABELAII.

⁴ Sigla para: Natureza da Ciência

⁵ Sigla em inglês para: *Physics Teacher's Specialized Knowledge*.

⁶ Sigla em inglês para: *Topic-Specific PCK*.

considerou-se ‘Pesquisa de intervenção’ aquela na qual há o envolvimento do pesquisador, ou seja, ele insere novos elementos na realidade, interferindo nos fatos (Gil, 2008). Em oposição, classificou-se como ‘Pesquisa descritiva’ aquela de natureza teórica ou a pesquisa empírica na qual o pesquisador, mesmo como observador, não atua diretamente no fenômeno estudado.

Os objetivos gerais das pesquisas também foram relacionados segundo o ‘Foco central do objetivo de pesquisa’ de modo a permitir seu agrupamento e análise. Porém, as diversas particularidades nos objetivos gerais geraram a necessidade de um elevado número de indicadores, conforme pode ser observado na TABELA III, o que dificulta a identificação de tendências.

Além da análise isolada dos tipos de pesquisa e seus objetivos verificou-se, também, a possível relação entre estes dois descritores e a possível variação destes nos últimos 5 anos.

TABELA III. Descritores e Indicadores adotados para o tipo de pesquisa e o objetivo da pesquisa pelos autores.

Descritores	Indicadores
Tipo de pesquisa	Pesquisa de intervenção Pesquisa descritiva
Foco central do objetivo de pesquisa	Análise do desenvolvimento da Base de Conhecimento de professores após intervenção Compressão do processo de desenvolvimento do conhecimento de professores sem intervenção Concepções de professores sobre o conhecimento Conexão entre conhecimentos disciplinares e pedagógicos Identificação da Base de Conhecimento de professores de tópicos específicos Identificação de aspectos dinâmicos do conhecimento de professores Influência dos aspectos afetivos no desenvolvimento da Base de Conhecimento de professores Medição dos conhecimentos de professores Percepção dos alunos sobre o conhecimento de professores Proposição de instrumento de medição do conhecimento de professores Proposição de modelo para caracterizar a Base de Conhecimento de professores de Física Relação entre o conhecimento de professores e os resultados dos alunos Relação entre o conhecimento e a motivação de professores e os resultados dos alunos

Para compreensão do contexto das pesquisas foram estabelecidos descritores para identificar a experiência dos professores investigados e o nível escolar no qual o estudo foi conduzido. Ao classificar a pesquisa nos indicadores do ‘Nível de escolar’ em estudos internacionais, cuja organização escolar pode diferir do Brasil, foi considerada a idade dos alunos como referência para classificação. Nem todos os estudos deixam clara a definição da experiência do professor e o nível escolar no qual a pesquisa foi conduzida, desta forma foi estabelecido o indicador ‘Não identificado’ para ambos os descritores.

TABELA IV. Descritores e Indicadores adotados para caracterização dos professores e do nível escolar.

Descritores	Indicadores
Experiência dos professores	Professores em formação inicial Professores em formação inicial e professores em exercício Professores experientes Professores experientes e iniciantes Professores formadores Professores Iniciantes Não identificado
Nível escolar	Educação básica (não especificado) Educação básica e superior Educação infantil (até 5 anos) Educação superior Ensino fundamental (entre 6 e 14 anos) Ensino médio (entre 15 e 17 anos) Não identificado

Além da análise individual destes descritores e indicadores (TABELA), fez-se o cruzamento destes com a data de publicação, o objetivo foi verificar a existência de alguma tendência, nas pesquisas dos últimos 5 anos, que diferisse do panorama geral identificado. Também foram feitos cruzamentos entre estes dados e os descritores anteriores para verificar a existência ou não de correlação entre eles.

Na caracterização dos estudos quanta as formas de acesso a Base de Conhecimento de professores foram definidos 8 indicadores. O indicador ‘Variadas metodologias’ engloba as investigações nas quais os pesquisadores se valeram

de dois ou mais procedimentos e/ou instrumentos para explicitar esta Base de Conhecimento. Os estudos que adotaram um único método ou estratégia para acessar a Base de Conhecimento docente, deram origem aos indicadores 'Análise de documentos', 'Análise de vídeos', 'Entrevistas' e 'Representação de Conteúdo (CoRe)⁷'. Além destes constam da TABELA outros dois indicadores que foram incluídos por serem necessários para próxima etapa de categorização. O indicador 'Análise de vídeo' só foi aplicado quando o vídeo analisado não provinha de uma gravação de alguma atividade da própria pesquisa, por exemplo, uma atividade formativa gravada para posterior transcrição.

TABELA V. Descritores e Indicadores adotados para caracterizar os métodos e estratégias para acesso a Base de Conhecimento de professores.

Descritores	Indicadores
Métodos e estratégias adotados na coleta de dados	Análise de documentos
	Análise de vídeos
	Entrevistas
	Representação de Conteúdo (CoRe)
	Observações
	Outros
	Testes e Questionários
	Variadas metodologias

Para melhor descrição dos procedimentos e instrumentos usados para acesso a Base de Conhecimento dos professores, os sete indicadores da TABELA foram subdivididos e estabelecidos novos indicadores conforme a TABELA VI. Esta subdivisão permite uma visão mais aproximada das estratégias metodológicas adotadas, por exemplo, a 'Análise de documentos' foi desmembrada em 11 indicadores, o que permite maior clareza do panorama analisado.

TABELA VI. Descritores e Indicadores adotados para caracterizar os procedimentos e instrumentos para acesso a Base de Conhecimento de professores.

Descritores	Indicadores
Análise de documentos	Currículo
	Diário de aula
	Diário do professor
	Documentos de planejamento
	Documentos não especificados
	Livro didático
	Materiais didáticos diversos
	Planejamento de aulas
	Relatório da Experiência Profissional Pedagógica (PaP-eR ⁸)
	Relatório de planejamento e realização da aula
	Revisão bibliográfica
Análise de vídeos	Análise de vídeos
Entrevistas	Entrevista semiestruturada Entrevista estruturada
Representação de Conteúdo (CoRe)	Representação de Conteúdo (CoRe)
Observações	Análise do contexto escolar
	Atividades formativas
	Debates em grupo
	Diário de campo do pesquisador
	Encontros de Planejamento
	Gravação de aulas
	Observação de aulas
	Observação e Gravação de aulas
	Observação e Gravação de orientações de estágio
Planejamento de aulas	
	Registro Etnográfico
Outros	Estudo individual por parte do professor Mapa conceitual
Testes e Questionários	Escalas Questionário de perguntas abertas

⁷ Sigla em inglês para: *Content Representation*.

⁸ Sigla em inglês para: *Professional and Pedagogical experience Repertoire*.

Descritores	Indicadores
Testes / Questionários fechados	

Após a inserção das informações coletadas no banco de dados estes foram organizados e cruzados em tabelas e gráficos com o uso do recurso ‘tabela Dinâmica’ do Excel. Esta ferramenta permite o arranjo de quaisquer itens do banco de dados nas colunas e linhas de tabelas, além de permitir o uso de diferentes filtros, ordenamentos e cálculos absolutos e relativos. Assim a análise da influência, ou não, de um descritor em outro fica facilmente detectável, assim como sua variabilidade no tempo. Na sequência são apresentados os resultados do levantamento e das análises feitas.

III. RESULTADO E DISCUSSÃO

Os resultados do Estado da Arte das pesquisas sobre o conhecimento especializado de professores de Física são apresentados a seguir, inicia-se pela distribuição temporal (TABELA VII) e geográfica (

FIGURA 3) das investigações. Na sequência, são apresentadas as forma de divulgação e o idioma usado na publicação dos estudos. Depois, as bases teóricas adotadas para nortear a pesquisa e a abrangência, genérica ou específica, destes modelos são apresentadas (TABELA VIII) e possíveis tendências discutidas (TABELA). Em seguida são descritos os tipos de pesquisa e os objetivos centrais predominantes identificados (TABELA). A descrição finaliza com a apresentação dos aspectos metodológicos predominantes, assim, são descritos os sujeitos (

FIGURA 5), o contexto (FIGURA 4) e as estratégias e os métodos adotados (FIGURA 6) nas investigações sobre a Base de Conhecimento de professores de Física.

Nas buscas foi identificado um total de 33 estudos sobre a Base de Conhecimento de professores de Física, destes 30 % são provenientes de bancos de dados nacionais e 70 % de bancos de dados internacionais.

A distribuição temporal dos 33 estudos mostra que há um crescimento dos trabalhos publicados nos últimos 5 anos, pois 20 trabalhos foram publicados entre 2014 e 2018. Porém, percebe-se que as publicações provenientes dos bancos de dados nacionais são responsáveis por este incremento, pois todos os 10 trabalhos nacionais estão concentrados nos últimos 3 anos, 2016, 2017 e 2018.

Nota-se, portanto, que o interesse da comunidade acadêmica local quanto à pesquisa do tema foi retomado em 2016 e apresenta tendência de crescimento, já no cenário internacional as investigações mantêm-se constantes ao longo dos anos e apesar da variação nos números não é possível afirmar uma tendência de redução ou crescimento para estes estudos.

TABELA VII. Quantidade de publicações por ano.

Banco de dados de origem	Ano de publicação											Total Geral
	2001	2004	2006	2008	2010	2012	2013	2014	2016	2017	2018	
Internacional	1	1	1	2	3	2	3	2	4	2	2	23 (70 %)
Nacional	-	-	-	-	-	-	-	-	1	4	5	10 (30 %)
Total	1	1	1	2	3	2	3	2	5	6	7	33

No tocante a distribuição geográfica de condução dos estudos, nota-se maior concentração no continente Europeu e na América do Sul, gráfico a esquerda da

FIGURA 3. No entanto a presença da América do Sul é fortemente influenciada pela busca conduzida nos bancos de dados brasileiros. Consideradas apenas as pesquisas identificadas nos periódicos internacionais a participação da América do Sul é de 4 %, como observa-se no gráfico a direita na **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..** A participação dos demais continentes não é influenciada por este fator.

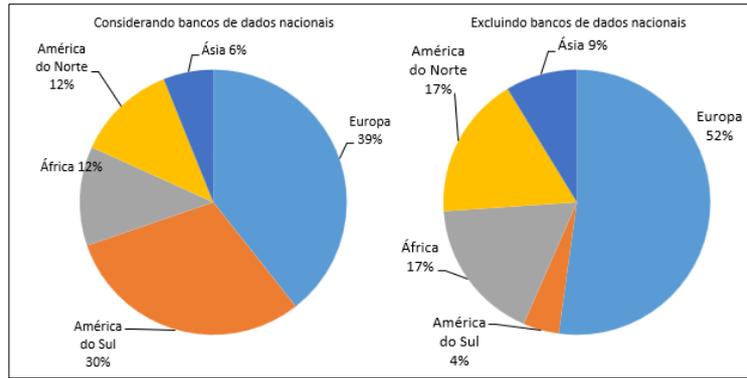


FIGURA 3. Distribuição das publicações nos continentes.

No continente Europeu os países com maior representatividade são a Alemanha (30 %) e a Finlândia (23 %), também figuram na lista a Itália, a Suécia, o Reino Unido, a Suíça, a Espanha, a Escócia e a Holanda. Na Ásia tem-se a participação da Turquia e de Taiwan. Na América do Norte está presente apenas os Estados Unidos e no Continente Africano apenas a África do Sul. Na América do Sul o Brasil (50 %) e a Colômbia (30 %) têm maior representatividade, quando são consideradas as publicações nacionais também há estudos realizados na Argentina e no Peru. Quando são consideradas apenas as publicações internacionais há apenas um estudo da Colômbia desenvolvido na América do Sul.

Os países que apresentam um acréscimo significativo na quantidade de estudos realizados nos últimos 5 anos são apenas a África do Sul e o Brasil. Os demais países apresentam estudos dispersos ao longo dos anos do século XXI, não sendo possível identificar uma tendência quanto a intensificação ou redução de pesquisas sobre a Base de Conhecimento de professores de Física.

Todos os estudos identificados em publicações internacionais foram divulgados na forma de artigos científicos escritos na língua inglesa, fato influenciado pela escolha feita na seleção das plataformas de busca. Já nas publicações nacionais metade estava na língua portuguesa e metade na língua espanhola, sendo 70 % divulgado sob a forma de artigos científicos e 30 % em dissertações. Assim, de todos os 33 estudos identificados 90 % foi publicado em artigos científicos e 10 % são dissertações, sendo 70 % escrito na língua inglesa, 15 % na língua espanhola e 15 % na língua portuguesa.

A abordagem teórica adotada para investigar a Base de Conhecimento de professores de Física concentra-se no modelo PCK, sendo esta a lente teórica de 73 % dos 33 estudos que, conforme se observa na TABELA VIII, abrange professores de todas as disciplinas, sendo classificado como 'Genérica'.

TABELA VIII. Quantidade de publicações que adotam cada modelo e a abrangência destes modelos.

Modelo adotado	Abrangência	Quantidade
PCK	Genérica	24
Magnusson <i>et al.</i> (1999)	Ciências	3
PCK da Cúpula	Ciências	2
Rollnick <i>et al.</i> (2008)	Ciências	1
PTSK	Física	1
TSPCK	Física	1
PCK/NdC	Física	1
Total Geral		33

O primeiro estudo a adotar um modelo diferente do PCK foi publicado em 2014, ou seja, apenas nos últimos 5 anos ocorre a inclusão de modelos com foco em professores de Ciências, conforme a TABELA . Ao analisar a concentração das publicações ao longo dos anos por abrangência do modelo (genérica, ciências ou física) nota-se que há um acréscimo de publicações com foco específico na área de conhecimento, pois neste período 30 % das publicações adotam modelos focados em professores de Ciências e 15 % modelos com foco específico em professores de Física, sendo todos estes publicados em 2018. Os dados sugerem uma possível tendência à especialização na abordagem teórica para investigar a Base de Conhecimento de professores de Física.

TABELA IX. Abrangência do modelo adotado nas publicações ao longo dos anos.

Ano	2001	2004	2006	2008	2010	2012	2013	2014	2016	2017	2018	Total Geral
Genérica	1	1	1	2	3	2	3	1	5	2	3	24
Ciências	-	-	-	-	-	-	-	1	-	4	1	6
Física	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	3
Total Geral	1	1	1	2	3	2	3	2	5	6	7	33

Dentre os estudos levantados 61 % eram pesquisas descritivas e 39 % pesquisas de intervenção, que propunham atividades formativas para posterior análise dos resultados. O principal objetivo em investigações que incluíam intervenções é 'Análise do desenvolvimento da Base de Conhecimento de professores após intervenção' (77 % das pesquisas de intervenção e 30 % do total de pesquisas), foram identificados ainda três outros objetivos para este tipo de pesquisa, conforme observado na TABELA .

Nas pesquisas descritivas há maior dispersão nos objetivos tendo sido identificados um total de 11 indicadores para este descritor, conforme TABELA . Nas investigações descritivas predominam dois objetivos 'Identificação da base conhecimento de professores de tópicos específicos' (25 % das pesquisas descritivas e 15 % do total de pesquisas) e 'Compressão do processo de desenvolvimento do conhecimento de professores sem intervenção' (20 % das pesquisas descritivas e 12 % do total de pesquisas).

TABELA X. Objetivos de pesquisa conforme o tipo de pesquisa realizada.

Objetivo de pesquisa	Pesquisa descritiva	Pesquisa de intervenção	Total Geral
Análise do desenvolvimento da Base de Conhecimento de professores após intervenção	-	30 %	30 %
Identificação da Base de Conhecimento de professores de tópicos específicos	15 %	3 %	18 %
Compressão do processo de desenvolvimento do conhecimento de professores sem intervenção	12 %	-	12 %
Concepções de professores sobre o conhecimento	6 %	-	6 %
Conexão entre conhecimentos disciplinares e pedagógicos	3 %	3 %	6 %
Proposição de modelo para caracterizar a Base de Conhecimento de professores de Física	6 %	-	6 %
Influência dos aspectos afetivos no desenvolvimento da Base de Conhecimento de professores.	-	3 %	3 %
Relação entre o conhecimento e a motivação de professores e os resultados dos alunos	3 %	-	3 %
Medição dos conhecimentos de professores	3 %	-	3 %
Identificação de aspectos dinâmicos do conhecimento de professores	3 %	-	3 %
Relação entre o conhecimento de professores e os resultados dos alunos	3 %	-	3 %
Proposição de instrumento de medição do conhecimento de professores	3 %	-	3 %
Percepção dos alunos sobre o conhecimento de professores	3 %	-	3 %
Total Geral	61 %	39 %	100 %

Observa-se que o interesse por compreender o processo de desenvolvimento da Base de Conhecimento de professores representa o foco central de 42 % das pesquisas sem que haja variação desta distribuição ao longo dos anos. Percebe-se, portanto, que a compreensão do processo de formação e desenvolvimento da Base de Conhecimento de professores é um foco recorrente nas pesquisas sobre o tema.

Também podem ser considerados como objetivos que auxiliam na busca pela compreensão do processo de formação e desenvolvimento da Base de Conhecimento docente o estudo da 'Conexão entre conhecimentos disciplinares e pedagógicos' (6 %), a 'Influência dos aspectos afetivos no desenvolvimento da Base de Conhecimento de professores' (3 %) 'Identificação de aspectos dinâmicos do conhecimento de professores' (3 %). Ao considerar todos estes objetivos pode-se afirmar que 54 % das pesquisas buscam compreender este processo. Outro aspecto que merece destaque é o fato dos estudos com objetivos mais específicos para compreensão do processo de desenvolvimento foram realizados ao longo dos últimos cinco anos, o que mostra um avanço da comunidade acadêmica na compreensão deste processo.

O segundo objetivo mais perseguido nas pesquisas, independentemente de sua abordagem, é a 'Identificação da Base de Conhecimento de professores para tópicos específicos' (18 %) sendo que todos estes estudos foram feitos nos últimos 3 anos, o que sugere estudos mais focados na natureza especializada do conhecimento de professores de Física.

No tocante ao contexto da pesquisa, o nível escolar mais estudado foi o ensino médio (45 %), conforme FIGURA 4, a baixa representatividade dos níveis da Educação Básica (9 %) é compreensível, pois a disciplina da Física insere-se no currículo escolar, no Brasil, apenas no último ano do Ensino Fundamental. Chama atenção o alto índice de estudos nos quais não foi possível a identificação do nível de ensino pesquisado (18 %).

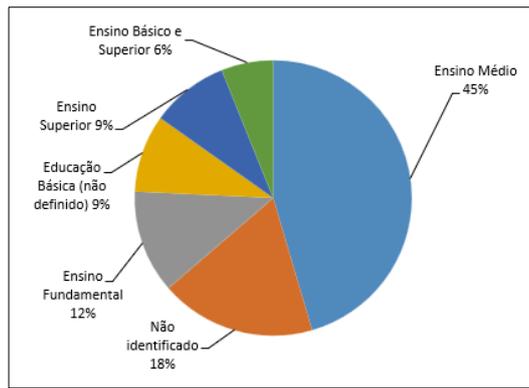


FIGURA 4. Níveis de ensino pesquisados.

Os sujeitos mais pesquisados foram os professores experientes (52 %), conforme

FIGURA 5. Apenas em 6 % dos estudos não foi possível a identificação dos sujeitos da pesquisa. No cruzamento entre os objetivos de pesquisa e seus sujeitos nota-se que 88 % dos estudos que investigaram apenas professores em formação inicial tinham como foco central compreender o processo de desenvolvimento da Base de Conhecimento destes licenciandos. Não foi possível estabelecer mais relações frente aos dados analisados.

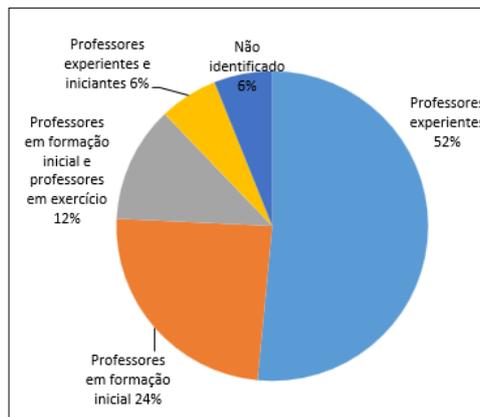


FIGURA 5. Sujeitos das pesquisas.

No universo de pesquisas investigado a ampla maioria adotou por método/estratégia de coleta de dados o uso de 'Variadas metodologias', ou seja, adotou dois ou mais procedimentos/instrumentos de investigação (76 %), conforme FIGURA 6. Apenas 8 estudos adotaram um único método/estratégia de coleta de dados sendo a 'Entrevista', adotada por 3 pesquisas, predominante neste grupo (9 %). Dentre os indicadores estabelecidos não foram identificados estudos que tenham adotado 'Observações' e 'Testes e questionários' como único método/estratégia para acesso a Base de Conhecimento de professores.

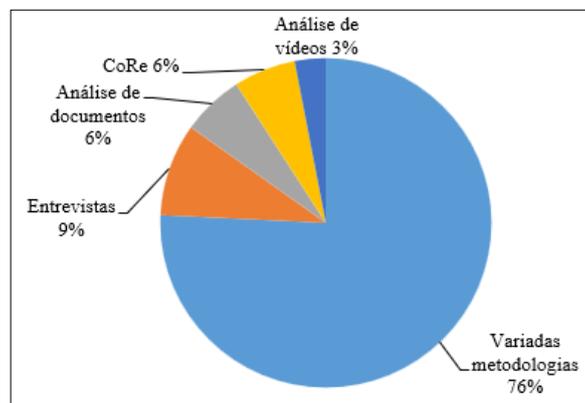


FIGURA 6. Métodos e estratégias adotados na coleta de dados.

Para melhor caracterização das 25 pesquisas que adotaram ‘Variadas metodologias’ foram estabelecidos os indicadores de ‘Procedimento e instrumentos de investigação’ (TABELA VI). Estes estudos utilizam 102 procedimentos/instrumentos no total, valendo-se de na média 4 cada um, a pesquisa com maior número de procedimentos/instrumentos adotou 8 diferentes tipos em sua investigação. A TABELA XI apresenta a lista de procedimentos/instrumentos identificados nestes 25 estudos.

TABELA XI. Número de estudos que adotam cada Procedimento/Instrumento de investigação.

Procedimento / Instrumento de investigação	Quantidade
Observações	37
Análise do contexto escolar	1
Atividades formativas	7
Debates em grupo	7
Diário de campo do pesquisador	2
Encontros de Planejamento	3
Gravação de aulas	3
Observação de aulas	2
Observação e Gravação de aulas	7
Observação e Gravação de orientações de estágio	1
Planejamento de aulas	3
Registro Etnográfico	1
Testes e questionários	19
Escalas	2
Questionário de perguntas abertas	8
Testes / Questionários fechados	9
Análise de documentos	13
Currículo	1
Diário de aula	2
Diário do professor	1
Documentos de planejamento	3
Documentos não especificados	1
Livro didático	1
Materiais didáticos diversos	1
Planejamento de aulas	1
Relatório de planejamento e realização da aula	1
Revisão bibliográfica	1
Entrevistas	13
Entrevistas semiestruturadas	13
Representação de Conteúdo (CoRe)	9
Representação de Conteúdo (CoRe)	9
Análise de vídeos	7
Análise de vídeos	7
Outros	4
Estudo individual	2
Mapa conceitual	2
Total Geral	102

O grupo com maior representação neste indicador é o das 'Observações' (36 %), no qual os principais procedimentos/instrumentos são as 'Atividades formativas', os 'Debates em grupo' e a 'Observação e gravação de aulas' que juntos representam 57 % das 'Observações'. O segundo maior grupo é o de 'Testes e questionários' (19 %), neste as 'Escala' são adotadas em apenas 11 %, enquanto os 'Testes / Questionários fechados' são utilizados em 47 % e os 'Questionários de perguntas abertas' em 42 % dos estudos do grupo.

Os procedimentos/instrumentos do grupo 'Análise de documentos' e 'Entrevistas' representam 13 % dos 102 identificados no grupo de 'Variadas metodologias', porém enquanto todas as 'Entrevistas' são 'Entrevistas semiestruturadas' o grupo 'Análise de documentos' está distribuído em 10 procedimentos/instrumentos. Apesar da grande variedade de procedimentos/instrumentos, há pouca recorrência nestes, 8 são adotados em um único estudo. Apenas a análise do 'Diário de aula' e de 'Documentos de planejamento' apresentam recorrência sendo utilizados em 2 e 3 estudos respectivamente.

A 'Representação de conteúdo (CoRe)' representa 9 % dos procedimentos/instrumentos dentro dos estudos que adotam como método/estratégia de coleta de dados 'Variadas metodologias' e a 'Análise de vídeos' 7 %. Porém, estes instrumentos também são adotados em estudos que adotam uma única estratégia de coleta de dados. Em função desta constatação foi feita também a análise da representatividade dos procedimentos/instrumentos quando considerados os 33 estudos identificados, sem considerar-se a subdivisão por grupo de método/estratégia como foi feito na TABELA XI.

Desta forma, tem-se o total de 110 procedimentos/instrumentos de coleta de dados nos 33 estudos. A

FIGURA 7 mostra a representatividade de cada procedimento/instrumento neste universo. Para melhor visualização os procedimentos/instrumentos com participação abaixo de 5 % foram agrupados no conjunto intitulado 'Diversos', este grupo é composto por 21 procedimento/instrumentos que representam 36 % do total.

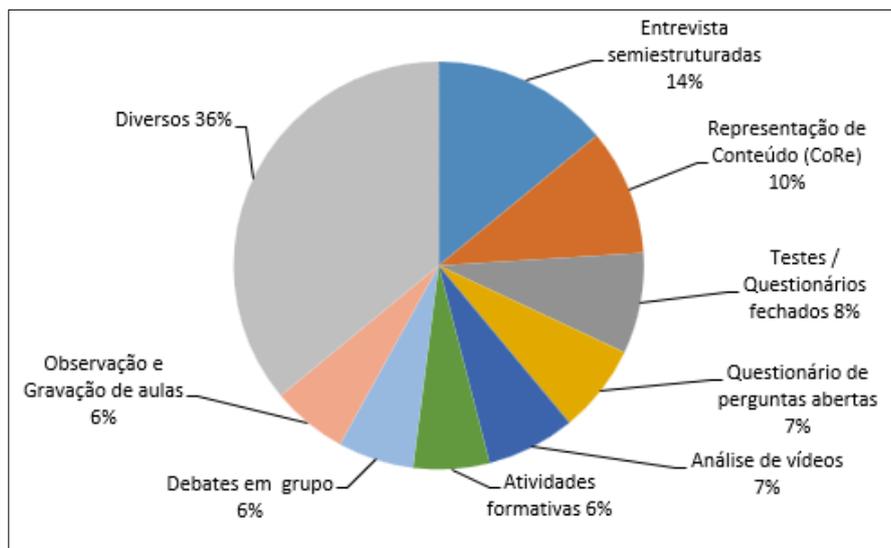


FIGURA 7. Percentual do uso de cada procedimento/instrumento de coleta de dados em todos os 33 estudos.

Nota-se que há uma inversão na liderança, pois as 'Entrevistas semiestruturadas' passam ter maior representatividade (14 %), seguida pela Representação de Conteúdo (CoRe) com 10 %. Já as 'Observações' que predominam enquanto método/estratégia de coleta de dados tem a representatividade de seus principais procedimentos/instrumentos superada pela 'Análise de vídeos' (7 %), o 'Questionário de perguntas abertas' (7 %) e os 'Testes / Questionários fechados' (8 %).

Quando são cruzadas as informações entre os descritores 'Tipo de pesquisa' e 'Métodos e estratégias adotados na coleta de dados' nota-se maior presença do indicador 'Variadas metodologias' no tipo 'Pesquisa de intervenção' (92 %) do que em 'Pesquisa descritiva' (65 %). A 'Representação de Conteúdo (CoRe)' foi o único indicador adotado com exclusividade em uma 'Pesquisa de intervenção'. No tocante aos procedimentos/instrumentos tem-se ainda que na 'Pesquisa descritiva' as 'Entrevistas semiestruturadas' são majoritariamente usadas (20 %), enquanto na 'Pesquisa de intervenção' há predomínio das 'Atividades formativas' (14 %) e dos 'Debates em grupo' (12 %).

A diversidade de propostas metodológicas para acessar a Base de Conhecimento de professores de Física é um reflexo da dificuldade existente em explicitar este conjunto implícito de conhecimentos (Fernandez, 2015). Não foi identificado um padrão temporal quanto aos aspectos metodológicos, não sendo possível fazer previsões a este respeito.

IV. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise do Estado da Arte das pesquisas sobre a Base de Conhecimento de professores de Física possibilitou a caracterização da linha de pesquisa, assim como a identificação de possíveis tendências. O recorte feito considerou os primeiros 18 anos do século XXI e selecionou trabalhos das principais revistas internacionais e nacionais de ensino de ciências e do Catálogo de Dissertações e Teses da CAPES.

No total foram identificados 33 estudos que abordavam especificamente o estudo da Base de Conhecimento de professores de Física. Internacionalmente a produção de trabalhos mostra-se constante ao longo destes 18 anos, mas no panorama nacional todos os estudos identificados foram publicados a partir de 2016.

Desconsiderando-se os estudos identificados nos bancos de dados nacionais a América do Sul tem pouca representatividade no panorama interacional, apenas 4 %, que é dominado por pesquisas Europeias (52 %), seguida por investigações feitas nos Estados Unidos (17 %) e na África do Sul (17 %).

A principal forma de divulgação dos estudos são os artigos científicos (90 %) na língua inglesa (70 %), estes percentuais certamente são influenciados pelos bancos de dados selecionados para busca. Apesar deste viés, os resultados assemelham-se aos encontrados por Goes (2014), que em estudo similar identificou a predominância dos artigos como forma de publicação com uma participação de 85 %.

Nos estudos identificados observou-se a predominância da pesquisa descritiva (61 %) sobre as pesquisas que propunham intervenções (39 %), sendo que as primeiras tinham como foco principal a 'Identificação da Base de Conhecimento de professores de tópicos específicos' (25 %) enquanto as pesquisas de intervenção tinham como objetivo predominante a 'Análise do desenvolvimento da Base de Conhecimento de professores após intervenção' (77 %).

Considerados os 33 estudos a compreensão do processo de formação e desenvolvimento da Base de Conhecimento de professores de Física foi o objetivo principal dos pesquisadores (54 %). Apesar de não observar-se uma tendência de incremento na participação deste tipo de objetivo no volume de investigações feitas, nota-se um maior refinamento dos objetivos nos últimos anos, o que sinaliza maior compreensão do tema por parte da comunidade acadêmica.

Os professores mais investigados são os experientes (52 %). Nas pesquisas em que os sujeitos são licenciandos (24 %) o objetivo mais comum é a compreensão do processo de desenvolvimento da Base de Conhecimento (88 %). O nível escolar mais pesquisado é o ensino médio (45 %), seguido do ensino fundamental (12 %). Neste aspecto merece destaque o alto índice de estudos nos quais não foi possível identificar o nível de ensino pesquisado.

O uso de variadas metodologias para acessar a Base de Conhecimento de professores estava presente em 76 % dos estudos, os quais adotavam em média 4 procedimentos/instrumentos em seu percurso metodológico. Nos 33 estudos foram identificados 29 diferentes procedimentos/instrumentos coleta de dados. Os cinco com maior participação foram: Entrevista semiestruturada (14 %), Representação de Conteúdo (10 %), Testes / Questionários fechados (8 %), Questionário de perguntas abertas (7 %) e Análise de vídeos (7 %).

No tocante a abordagem teórica que norteia os estudos há a predominância da tipologia proposta por Shulman (1986, 1987), o PCK (73 %), que tem uma abordagem genérica, pois visa descrever a Base de Conhecimento de professores de qualquer área disciplinar, os modelos que abrangem os professores de Ciências (18 %) são adotados a partir de 2014 e aqueles com foco específico nos professores de Física (9 %) passam a figurar nas pesquisas apenas no ano de 2018.

Considerando as pesquisas dos últimos 5 anos, de 2014 a 2018, a distribuição dos estudos quanto a abordagem dos modelos adotados como base teórica passa por uma reconfiguração, os genéricos representam 55 %, aqueles que focam em professores de Ciências 30 % e os que adotam o paradigma da especialização da Base de Conhecimento de professores de Física representam 15 %.

Esta mudança na distribuição da base teórica adotada para nortear os estudos sugere que a Física está caminhando para uma abordagem especializada sobre a Base de Conhecimento de professores de Física, como foi observado na Matemática (Moriel Junior y Wielewski, 2017).

Esta tendência também é sugerida pelo incremento de estudos que tem como objetivo 'Identificação da Base de Conhecimento de professores para tópicos específicos', feitos nos últimos 3 anos, que representam 18 % das 33 pesquisas analisadas.

O entendimento que a Base de Conhecimento de professores é de natureza especializada, que parece estar sendo incorporado na comunidade acadêmica, é favorável a valorização docente a sua profissionalização, uma vez que vai contra uma abordagem descontextualizada e genérica do ensino e da profissão docente.

REFERÊNCIAS

Ball, D. L., Thames, M. H., & Phelps, G. (2008). Content Knowledge for Teaching: What Makes It Special? *Journal of teacher education*, 59(5), 389-407.

Baxter, J. A., & Lederman, N. G. (1999). Assessment and measurement of pedagogical content knowledge. In J. Gess-Newsome & N. G. Lederman (Eds.), *Examining Pedagogical Content Knowledge* (pp. 147-161). Science & Technology Education Library: Springer, Dordrecht.

Cachapuz, A., Paixão, F., Lopes, B., & Guerra, C. (2008). Do estado da arte da pesquisa em educação em ciências: linhas de pesquisa e o caso "Ciência-Tecnologia-Sociedade". *Alexandria Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, 1(1), 27-49.

Carrillo, J., Climent, N., Contreras, L. C., Montes, M. A., Escudero-Ávila, D., & Flores-Medrano, E. (2014). *Un marco teórico para el conocimiento especializado del profesor de matemáticas*. Huelva: Universidad de Huelva Publicaciones.

Carrillo, J., Climent, N., Montes, M. A., Contreras, L. C., Flores-Medrano, E., Escudero-Ávila, D., Vasco, D., Rojas, N., Flores, P., Aguilar-González, A., Ribeiro, M., & Muñoz-Catalán, M. C. (2018). The mathematics teacher's specialised knowledge (MTSK) model. *Research in Mathematics Education*, 20(3), 236-253. doi:10.1080/14794802.2018.1479981

Fernandez, C. (2015). Revisitando a base de conhecimentos e o conhecimento pedagógico do conteúdo (PCK) de professores de ciências. *Revista Ensaio*, 17(2), 500-528.

Ferreira, N. S. A. (2002). As Pesquisas Denominadas "Estado da Arte". *Educação & Sociedade*, 23(79), 257-272.

Gess-Newsome, J., & Carlson, J. (2013). *The PCK summit consensus model and definition of pedagogical content knowledge*. Paper presented at the Symposium "Reports from the Pedagogical Content Knowledge (PCK) Summit", ESERA Conference.

Gil, A. C. (2008). *Métodos e técnicas de pesquisa social*. 6a edição, Editora Atlas.

Goes, L. F. (2014). *Conhecimento Pedagógico do Conteúdo: Estado da Arte no campo da Educação e no Ensino de Química*. (Mestrado Dissertação). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

Kind, V. (2009). Pedagogical content knowledge in science education: perspectives and potential for progress. *Studies in science education*, 45(2), 169-204.

Koehler, M. J., Shin, T. S., & Mishra, P. (2012). How do we measure TPACK? Let me count the ways. In R. N. Ronau, C. R. Rakes, & M. L. Niess (Eds.), *Educational technology, teacher knowledge, and classroom impact: A research handbook on frameworks and approaches* (pp. 16-31): IGI Global.

Lima, S. S. (2018). *Conhecimento Especializado de Professores de Física: Uma proposta de Modelo Teórico*. (Mestrado em Ensino Dissertação). Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologias do Estado de Mato Grosso, Cuiabá.

Magnusson, S., Krajcik, J., & Borko, H. (1999). Nature, sources, and development of pedagogical content knowledge for science teaching. In *Examining pedagogical content knowledge* (pp. 95-132). Springer.

Mavhunga, E., & Rollnick, M. (2013). Improving PCK of chemical equilibrium in pre-service teachers. *African Journal of Research in Mathematics, Science and Technology Education*, 17(1-2), 113-125.

Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers college record*, 108(6), 1017-1054.

Moodley, K., & Gaigher, E. (2019). Teaching Electric Circuits: Teachers' Perceptions and Learners' Misconceptions. *Research in Science Education*, 49(1), 73-89. doi:10.1007/s11165-017-9615-5

Moriel Junior, J. G., & Wielewski, G. D. (2017). Base de conhecimento de professores de matemática: do genérico ao especializado. *Revista de Ensino, Educação e Ciências Humanas*, 18(2), 126-133.

Rollnick, M., Bennett, J., Rhemtula, M., Dharsey, N., & Ndlovu, T. (2008). The place of subject matter knowledge in pedagogical content knowledge: A case study of South African teachers teaching the amount of substance and chemical equilibrium. *International Journal of Science Education*, 30(10), 1365-1387.

Scheiner, T., Montes, M. A., Godino, J. D., Carrillo, J., & Pino-Fan, L. R. (2017). What makes mathematics teacher knowledge specialized? Offering alternative views. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 17(1), 153-172.

Shulman, L. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational researcher*, 15(2), 4-14.

Shulman, L. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard educational review*, 57(1), 1-23.

Silva, B. V. C., & Martins, A. F. P. (2018). Uma proposta para avaliação do desenvolvimento do conhecimento pedagógico do conteúdo de futuros professores de Física acerca da temática Natureza da Ciência. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 35(2), 389-413.