

# **Conhecimento Tecnológico Pedagógico do Conteúdo e a Formação de Professores de Ciências: uma revisão sistemática**

## **Technological Pedagogical Content Knowledge and the Pre-service Science Teacher: a systematic review**

**Raul dos Santos Neto**

CEFET-RJ; UFRJ  
[raul.neto@cefet-rj.br](mailto:raul.neto@cefet-rj.br)

**Leonardo Alves e Silva**

UFRJ  
[leonardoalves@ufrj.br](mailto:leonardoalves@ufrj.br)

**Lucas Duque**

UFRJ  
[Lucas\\_duque@hotmail.com](mailto:Lucas_duque@hotmail.com)

**Miriam Struchiner**

NUTES/UFRJ  
[miriamstru@ufrj.br](mailto:miriamstru@ufrj.br)

**Resumo:** A formação de professores de ciências para o uso das tecnologias é um conteúdo altamente relevante na sociedade da informação. O referencial teórico do Conhecimento Tecnológico, Pedagógico do Conteúdo (CTPC) orienta que a integração das tecnologias da informação e comunicação (TIC) é resultado de uma mistura complexa e balanceada de conhecimento de conteúdo, de conhecimento pedagógico e de conhecimento tecnológico, usados para desenvolver estratégias e representações dos conteúdos de forma adequada, contextualizada e orientada (Nogueira et al, 2015). O presente estudo é uma revisão sistemática da literatura de artigos presentes na bases de dados da CAPES no período de 2005-2015 sobre o uso do referencial teórico do CTPC. Os objetivos desta revisão são avaliar se, e como, o CTPC é usado na formação de professores de Ciências, buscando identificar tendências metodológicas e de pesquisa e possíveis lacunas. Os resultados permitiram elencar semelhanças e diferenças entre tendências metodológicas, e de foco de pesquisa, bem como identificar lacunas sobre o uso do modelo CTPC em áreas importantes como o Ensino de física e para a formação de professores.

**Palavras chave:** Ensino de Ciências, CTPC, Formação de professores

**Abstract:** The training of science teachers for the use of technology is a highly relevant content in the information society. The theoretical framework of Knowledge and Content Management (TPACK) guides the integration of information and communication technologies (ICT) as a result of a complex and balanced mixture of content knowledge, pedagogical knowledge and technological knowledge used to develop Strategies And content representations. Appropriately, contextualized and oriented (Nogueira et al, 2015). The present study is a systematic review of the literature of articles present in the CAPES databases in the period 2005-2015 on the use of the theoretical reference of the TPACK. The objectives of this review are to evaluate if and how the TPACK is used in the training of science teachers, seeking to identify methodological and research trends and possible gaps. The results allowed to show similarities and differences between the methodological tendencies and the research focus, as well as to identify gaps in the use of the TPACK model in important areas such as Physics Teaching and Teacher Training.

**Key words:** Science Education, TPACK, Preservice Teachers

## Introdução

Entre todas as tecnologias criadas pelos seres humanos, aquelas relacionadas com a capacidade de representar e transmitir informação, ou seja, as tecnologias da informação e comunicação (TIC) revestem-se de uma especial importância, por afetarem praticamente todos os âmbitos de atividade das pessoas, desde as formas e práticas de organização social até o modo de compreender o mundo, de organizar essa compreensão e de transmiti-la para outras pessoas (COLL, 2010).

A evolução e convergência das mídias digitais, bem como a crescente circulação de informação e conhecimento vêm acarretando mudanças irreversíveis. O papel tradicional do professor transmissor de informação, protagonista central das trocas entre seus alunos e guardião do currículo, entrou em crise em um mundo interconectado. (COLL, 2010; COX, 2009)

Estas questões não podem ser menosprezadas diante dos desafios enfrentados para a concretização de um Ensino de Ciências na perspectiva do letramento científico e da formação cidadã. Escola e professores, portanto, são instigados a integrarem as TIC, já tão familiares aos jovens em suas práticas culturais, utilizando-as em benefício do desenvolvimento do conhecimento e de sua formação crítica, promovendo autonomia, criatividade e a possibilidade de aprender e compartilhar o conhecimento em rede.

Tendo em vista a importância para a sociedade da informação de ações que integrem, no contexto educacional, as dimensões do conhecimento específico de um conteúdo com o conhecimento pedagógico associado a esse conteúdo e ao conhecimento tecnológico (Shulman; 1986, Koehler e Mishra, 2005), a identificação de como essa integração ocorre no contexto das práticas de ensino de ciências é importante para a área. Para análise desta integração, usaremos o referencial teórico do conhecimento tecnológico pedagógico do conteúdo (CTPC), também conhecido como TPACK (technological pedagogical content knowledge), pois este procura entender como os professores acionam e integram conhecimentos de tecnologia associados aos conteúdos pedagógicos e específicos do conteúdo a ser ensinado (Mishra e Koehler, 2005).

O objetivo deste trabalho é identificar se, e como, o referencial do CTPC é tratado e estudado em pesquisas publicadas sobre formação de professores de Ciências e identificar tendências metodológicas e de pesquisa no uso do CTPC.

### **Conhecimento Tecnológico Pedagógico do Conteúdo (CTPC)**

Segundo a literatura sobre CTPC (Cox & Graham, 2009; Koehler & Mishra, 2009; Mishra & Koehler, 2006), há sete dimensões presentes nesse modelo. São elas: Conhecimento do conteúdo (CC ou CK), o conhecimento pedagógico (CP ou PK), o conhecimento tecnológico (CT ou TK), o conhecimento pedagógico do conteúdo (CPC ou PCK), o conhecimento tecnológico do conteúdo (CTC ou TCK), o conhecimento tecnológico pedagógico (CTP ou TPK) e o conhecimento tecnológico-pedagógico do conteúdo (CTPC ou TPACK)

Analisando separadamente cada dimensão, percebemos que o conhecimento do conteúdo (CC) refere-se aos conhecimentos mobilizados para o ensino, incluindo a identificação de aspectos centrais do conteúdo, conceitos, teorias, procedimentos e metodologias da área de conhecimento, e o conhecimento dos modelos de organização deste conteúdo específico. Envolve, também, o entendimento da natureza da área e respectivas metodologias de pesquisa. Há fortes indícios que os currículos dos cursos de áreas chamadas duras, como a Física, privilegiem o conhecimento do conteúdo em detrimento dos demais Chai et al (2013).

No campo do Conhecimento Pedagógico (CP), busca-se a compreensão sobre os métodos e práticas de ensino e como eles se relacionam com os valores e objetivos educacionais (MISHRA & KOEHLER, 2005). Envolve a percepção das características do público-alvo, conhecimentos sobre caminhos e buscas por motivação dos alunos e a compreensão do papel do aluno e do professor no processo de ensino-aprendizagem. Em relação ao Conhecimento Tecnológico (CT), este está associado aos valores e às visões atribuídas às tecnologias e ao conhecimento sobre as formas de como utilizá-las na educação. Logo, compreende não apenas o conhecimento sobre os atributos dos recursos e ferramentas tecnológicas, mas, também, o entendimento sobre suas implicações para a sociedade.

O Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (CPC) refere-se ao entendimento de quais abordagens, representações e formulações de conceitos e estratégias pedagógicas se adequam melhor ao ensino daquele assunto e de como arranjar os temas de maneira a serem mais bem compreendidos. Inclui, por exemplo, o conhecimento dos conceitos prévios dos alunos em relação ao tema, de maneira a orientar a escolha das melhores estratégias que incorporem representações apropriadas do conteúdo para auxiliar na superação das dificuldades dos alunos (SHULMAN, 1986; MISHRA & KOEHLER, 2006)

Pesquisas recentes têm se apropriado dos conceitos do CTPC para investigar como e por que professores integram as tecnologias em suas práticas de ensino e onde encontram dificuldades neste processo (NIESS, 2005, LEE & TSAI, 2008, TONDEUR et al, 2008).

### **Metodologia**

Com o objetivo de identificar se, e como, o referencial do CTPC é usado na formação de professores de Ciências, realizamos uma pesquisa na base de dados da CAPES, buscando identificar, classificar, avaliar de forma crítica e sintetizar estudos que versaram sobre o modelo CTPC, em artigos na língua inglesa, publicados no período entre 2005 e 2015. Para tal, utilizamos as seguintes palavras-chaves na língua inglesa: TPACK, Science Education and Teacher Education. Também comparamos as informações coletadas com outra revisão feita em Portugal sobre o uso do CTPC no Ensino de Ciências (NOGUEIRA, 2015).

Para análise dos dados, usamos classificações adaptadas a partir da abordagem

estruturada/sistêmica para a revisão da literatura, como apresentado por Lee, Wu e Tsai (2009) e Tsai e Wen (2005), onde os temas de pesquisa são: Formação de professores; Ensino-aprendizagem (recursos); Ensino-aprendizagem (Processo); Políticas Públicas, Currículo e Avaliação; Abordagens Cultural, Social e de Gênero; História, Filosofia, Epistemologia e Natureza da Ciência; Educação não-formal. Para classificar os enfoques metodológicos mais usados associados ao CTPC, utilizamos a classificação de Chai et al (2013), que apresenta a seguinte classificação: Estudo de caso; Avaliação de artefato; Desenvolvimento de software; Estudo de intervenção; Validação de instrumentos; Estudos Survey; Análise de documentos.

Em relação aos resultados para as pesquisa de Estudos de Caso, segundo Chai et al (2013), a seleção foi feita baseada na percepção e prática dos professores, quando usada alguma forma de ferramenta tecnológica (por exemplo, criação de filmes) ou ambiente (por exemplo, simulação). Foram considerados como estudos de intervenção aqueles cujo objetivo fosse orientado por instituições públicas ou privadas na direção de buscar melhorias em cursos ou quadro de professores, empregando o modelo CTPC nos programas. Quando a avaliação centrava no uso de cursos online, classificados de acordo com os cinco aspectos da aprendizagem significativa (ativo, autêntico, intencional, construtivo e cooperativo) foram categorizados como avaliação de artefato. No caso de Estudos Survey (de levantamento), foram classificados aqueles que avaliaram como os professores em atividade usam o modelo CTPC em sua prática utilizando grande número de sujeitos e uso de enquetes para coleta de dados. Foram classificadas como estudos de Validação de instrumentos os artigos cuja ênfase era a criação e validação de pesquisas de autorrelato sobre a identificação das sete dimensões do CTPC com uso de fator de análise.

## Resultados

No primeiro momento, foi usada a palavra-chave TPACK (abreviatura do termo Inglês para Conhecimento Pedagógico Tecnológico do Conteúdo), resultando em 315 artigos, 19 dissertações uma resenha e um artigo de revista. Destes, 288 eram na língua inglesa, sete em espanhol, seis em turco, três em norueguês e um em variados idiomas. Após refinamento para somente artigos em inglês e revisados por pares da área, além da exclusão de artigos repetidos e daqueles que não tinham associação com Ensino de Ciências e Formação de Professores, o número de publicações reduziu para 27.

Em relação ao tipo de pesquisa, identificamos que a maior parte dos estudos 55% (15 artigos) é de natureza qualitativa, seguido por 29% (8 artigos) quantitativos e 16% (4 artigos) mistos. Os resultados encontrados para o enfoque de pesquisa, segundo classificação de Tsai (2005), apontam para um enfoque de pesquisa nas relações de ensino-aprendizagem (64%), onde 40% focava nos recursos e 24% nos processos. Também identificamos que 23% dos trabalhos focaram na natureza da tecnologia e epistemologia, enquanto 10 % procurou avaliar políticas e currículos sobre formação de professores para o uso das TIC e 3% em estudos de gêneros.

## Estudo de caso

Identificamos sete estudos de caso (26%), cujo foco era identificar como professores de ciências em formação integravam o conhecimento tecnológico em sala de aula. Destacamos o estudo de Chittleborough (2014) que mostrou que o CT aumentou a necessidade do CP dos professores em formação. O principal problema encontrado nestes estudos foi a falta de confiança dos professores em formação sobre o uso das TIC em termos da infraestrutura das

escolas, pois estavam céticos quanto a tendência das escolas em se equipar adequadamente para usar as TIC nas aulas. Houve baixos níveis de convergência, mostrando que as fronteiras entre o CTC, CTP, e as outras construções relacionadas com a tecnologia são difíceis de estabelecer em um sentido prático, tal como mostram os estudos de Kopcha e Jung (2014); Martinovic e Zuochen (2012); Khan (2011); Chittleborough (2014); Lye, Wee, Kwew, Abas e Tay (2014); Bauer (2013) e Bower, Highfield, Furney e Mowbray (2013).

### **Avaliação de artefato**

Em seis artigos avaliados (22%), os objetivos principais eram avaliar como professores em formação percebiam as dimensões do CTPC e como artefatos específicos podiam desenvolver pessoalmente essas dimensões. Para tal, foram usados vários artefatos tais como cursos on-line para formação de professores (Rienties, Brouwer, Bohle Carbonel, Townsend, Rozendal, Van der Loo, Dekker e Lygo-Baker; 2013) e Rienties, Brouwer e Lygo-Baker (2013), uso de Facebook (Blonder e Rap ; 2015); uso de narrativas digitais (Sancar-Tokmak, Surmeli e Ozgelen; 2014). Chen, Jang e Chen (2015) avaliaram como a wiki aumentou as relações das dimensões do CTPC. Os trabalhos avaliaram que as dimensões do CTPC são ampliadas, produzindo um aumento específico no CTC, como elemento mediador de outras dimensões. Em especial, destaca-se um trabalho sobre o uso do Facebook o qual mostrou que os professores em formação tiveram um aumento de expectativas e crenças sobre as potencialidades de uso das TIC (BLONDER, 2015).

### **Estudo de intervenção**

Foram encontrados três artigos (11%) que buscavam avaliar como os currículos e políticas educacionais trabalhavam a integração das TIC na formação de professores e, também, buscavam avaliar estratégias e cursos que possibilitassem o desenvolvimento do CTPC. Os resultados apontam para um melhor desenvolvimento da CTPC quando as ações eram feitas de forma reflexiva e baseadas em soluções de problemas. Os resultados da análise dos dados revelaram que os participantes tiveram dificuldades em compreender a diferença entre o CP e o CT. Isso dificultou o entendimento sobre a integração da CTPC, o que fez os autores sugerirem a necessidade de se refinar o modelo. Os artigos mostraram como a reflexão pode ajudar os futuros professores a simplificar a complexidade de sua prática. Contudo, os resultados destacam que os futuros professores desenvolveram a consciência inicial CTPC, mas de forma limitada e superficial (Koh, Woo e Lim, 2013; Lee e Kim, 2014 e Liangyue (2013).

### **Validação de instrumentos**

Foram encontrados seis artigos (22%), classificados como estudos de Validação de instrumentos. Os dados sugerem que, embora o referencial do CTPC seja útil do ponto de vista organizacional, é difícil separar cada um dos domínios e limites dos domínios do CT, CP e CC. Para Archambault e Barnett (2010) esta dificuldade de separação ocorre devido ao fato deles não estarem provavelmente separados. Os artigos também mostraram que, pelas análises de modelagem de equações estruturais, o impacto do CTP e CTC foi estatisticamente maior e significativo na fala dos entrevistados para contribuir e explicar as alterações na construção do CTPC. Além disso, os resultados sugerem que o CTC no modelo estrutural se destaca como a base de conhecimento mediador. Também foi identificado que existe uma forte relação entre o que futuro professor aprende no curso de formação universitária e a forma que vai usar na vida profissional, ou seja, ocorre uma conservação do CTC formado no ensino

universitário. Esta relação pode sugerir que a CTC inicial dos alunos da licenciatura é relativamente fraca e que o ensino universitário não é eficiente na tentativa de ampliar o conhecimento neste domínio. Os resultados sugerem que, embora muitos professores em formação sejam "nativos digitais", não é seguro assumir que as habilidades básicas de tecnologia se traduzem no contexto da prática da sala de aula. Os resultados também apontaram que a construção do CT, CC, CP foram validadas e reconhecidas pelos professores. No entanto, as dimensões do CPC, CTC, CTP e CTPC continuam sendo difíceis de separar e identificar. Isso pode revelar uma lacuna na formação desses professores no que diz respeito à integração adequada das dimensões do CTPC (Archambault e Barnett, 2010; Kabakci e Coklar, 2014; Young, Young e Shaker, 2012; Chai e Tsa, 2010; Zelkowski, Gleason, Cox e Bismark, 2013 e Pamuk, Ergun, Cakir, Yilmaz e Ayas, 2015).

## **Estudo Survey**

Identificamos que os estudos avaliaram como os professores em atividade usam o modelo CTPC em sua prática diária em sala de aula, onde encontramos quatro artigos (15%), que analisaram modelos de equações estruturais para examinar as sete dimensões da CTPC. Em particular, o trabalho de Lin, Tsai e Chai (2013) se preocupou em mostrar que as relações entre as percepções sobre CTPC dos professores de ciências e suas características demográficas, tais como experiência de ensino, sexo e idade. Ele identificou que professores de ciências do sexo feminino têm maior autoconfiança no CP. No entanto, mostrou menor autoconfiança no CT que os do sexo masculino. Além disso, no caso de professores atuantes, as percepções das mulheres têm uma significativa dificuldade com o CT em relação à idade. Os demais trabalhos também estudaram como as dimensões do CTPC eram percebidas por professores em exercício, relatando que os professores perceberam um efeito direto do CT e CP sobre o CTPC. Eles também identificaram essas fontes de conhecimento para desenvolver o CTP e CTC. No entanto, os participantes não viram claramente os efeitos do CC e CPC sobre o CTPC. Os resultados mostraram que os participantes não distinguem CP de CPC. No geral, estes estudos confirmam a necessidade de dar mais clareza sobre quadro CTPC e revisar instrumentos de pesquisa construídos diretamente em torno do quadro (Lin, Tsai e Chai, 2013; Koh et al, 2013; Young et al, 2013; Shinas et al ,2013).

## **Análise de documentos**

Brantley & Ertmer (2013) fornecem uma revisão crítica da CTPC construindo e abordando o desenvolvimento, verificação, utilidade, aplicação e adequação da estrutura do CTPC como uma forma de explicar a cognição do professor, no que tange à necessidade de integração tecnológica. Os autores fazem sugestões de retornar para uma concepção mais simples de redirecionar os esforços para que futuros professores alcancem uma aprendizagem que os habilite para a tecnologia significativa.

## **Discussão dos resultados**

Como a maior parte dos trabalhos focou na análise dos constructos das habilidades e proficiências da dimensão tecnológica, na crença e atitudes dos professores, no suporte dado pelas tecnologias e nas barreiras encontradas para uso das TIC, podemos fazer um mapeamento interessante da área para a utilização em cursos de formação de professores.

Outro destaque importante é a escassez de trabalhos que focam na percepção dos professores no que tange às suas crenças relacionadas ao uso das tecnologias com foco nas percepções

dos alunos. Nesse contexto, Chai et al (2013) comentam que há necessidade de distinguir se o CTPC é centrado no professor ou no estudante. Esta preocupação se justifica também pela fala de outros autores (Almas & Krumsvik, 2008; Khan, 2011; Manfra & Hammond, 2008) que revelam que as crenças pedagógicas dos professores e as habilidades tecnológicas são fatores importantes que influenciam como CTPC é mobilizado em sala de aula.

Destacamos que a revisão mostrou que existem fatores que podem complicar ou facilitar o processo, tais como as crenças e competências pedagógicas dos professores e fatores externos como avaliações externas, limitações de tempo e ambientes tecnológicos inadequados. Também identificamos que não houve pesquisa etnográfica relacionada ao CTPC.

## Conclusões

A presente revisão aponta que o uso do CTPC associado à formação de professores de Ciências ainda é muito recente, pois a maior parte dos artigos é posterior a 2013. Destacamos que não identificamos artigos sobre a formação de professores de Física relacionados com o CTPC, apesar de identificarmos claramente artigos sobre Biologia (45%), Matemática (40%) e Química (15%). Essa observação é corroborada pela avaliação de Nogueira (2015), que percebeu um baixo número de publicações na língua portuguesa de uso do CTPC associadas à formação continuada de professores de Ciências, onde também não há nenhuma menção em nenhum estudo sobre seu uso na formação de professores de Física, o que sinaliza para uma lacuna na formação destes profissionais. Nesta revisão, também percebemos que muitos pesquisadores que empregam a estrutura CTPC estão bem conscientes da importância do contexto na formação do CTPC dentro das salas de aula. Nesse contexto, Chai et al (2013) identificaram, com base na literatura consultada, quatro fatores contextuais interdependentes que são até certo ponto distintos (fator intrapessoal, fatores culturais, fatores institucionais e disposição física e tecnológica das escolas).

Concluimos que a revisão revela que os estudos são muito genéricos e podem ser aplicados a várias áreas. Portanto, são necessários mais estudos específicos sobre o Ensino de Ciências e suas particularidades. Assim, acreditamos que os apontamentos fornecidos pela revisão ora apresentada pode servir de base para orientação dos cursos de formação de professores e para direcionar novas pesquisas envolvendo o referencial do CTPC em áreas como o Ensino de Física no Brasil, por exemplo.

## Referências

- BOWER, M; Highfield, K; Furney, P; Mowbray, L. Supporting pre-service teachers' technology-enabled learning design thinking through whole of programme transformation. *Educational Media International* Vol.50(1), p p.39-50. 2013
- CHAI, C-S. KOH, J. H-L & TSAI, C.C. A Review of Technological Pedagogical Content Knowledge. *Educational Technology & Society*, 16 (2), P. 31–51. 2013.
- CHEN, Y - H. ; JANG, S - J. ; Chen, P - J.. Using Wikis and Collaborative Learning for Science Teachers' Professional Development. *Journal of Computer Assisted Learning* Vol.31, p.330-344. 2015.
- CHITTLEBOROUGH, G. Learning How to Teach Chemistry with Technology: Pre-Service Teachers' Experiences with Integrating Technology into Their Learning and Teaching. *Journal of Science Teacher Education* Vol.25(4), pp.373-393. 2014
- COLL, C. MONEREO, C. e colaboradores. *Psicologia da Educação Virtual: Aprender e Ensinar com as Tecnologias da Informação e Comunicação*. Artmed Editora S.A. Rio Grande do Sul. 2010.

- COX, S., & GRAHAM, C. R. Diagramming TPCK in Practice: Using a and elaborated model of the TPCK framework to analyze and depict teacher knowledge. *TechTrends*, 53, 60-69. 2009
- KOELHER, M.J.; MISHRA, P. What happens when teachers design educational technology? The development of technological pedagogical content knowledge. *J. Educ. Comput. Res.* 2005, 32, 131–152.
- KOELHER, M.J. MISHRA, P. & YAHYA, K.. Tracing the development of teacher knowledge in a design seminar: Integrating content, pedagogy and technology. *Computers & Education*, 49(3), 740-762. (2007)
- KABAKCI YURDAKUL, I. COKLAR, A. N. Modeling preservice teachers' TPACK competencies based on ICT usage. *Journal of Computer Assisted Learning* Vol.30(4), pp.363-376. 2014.
- KOH, J. CHAI, C. TSAI, C-C. Examining practicing teachers' perceptions of technological pedagogical content knowledge (TPACK) pathways: a structural equation modeling approach. *Instructional Science* Vol.41 pp.793-809. 2013
- LEE, M & TSAI, C. Exploring Teachers' Perceived Self Efficacy and Technological Pedagogical Content Knowledge with Respect to Educational Use of the World Wide Web, *Instructional Science*, DOI 10.1007/s11251-008-9075-4
- LIN, T-C. TSAI, C-C. CHAI, C. S. LEE, M-H. Identifying Science Teachers' Perceptions of Technological Pedagogical and Content Knowledge (TPACK). *Journal of Science Education and Technology* Vol.22, p.325-336. 2013
- MISHRA, P.; KOEHLER, M. Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge. *Teachers College Record*, v. 108, n. 6, p. 1017-1054, 2006.
- NIESS, M.L. Preparing Teachers to Teach Science and Mathematics with Technology: Developing a Technology Pedagogical Content Knowledge. *Teaching and Teacher Education*, 21, 509-523, 2005.
- NOGUEIRA, F. PESSOA, T. GALLEGO, M-J. Desafio e Oportunidades do Uso da Tecnologia para a Formação Continuada de Professores: Uma Revisão em Torno do TPACK em Portugal, Brasil e Espanha. *Tear: Revista de Educação Ciência e Tecnologia, Canoas*, v.4, n.2, 2015.
- SHULMAN, L. S. Those who understand: knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, Washington, 15, 4-14, 1986.
- TONDEUR, J.; HERMANS, R.; VAN BRAAK, J.; VALKE, M. Exploring the Link Between Teachers' Educational Belief Profiles and Different Types of Computer Use in the Classroom. *Computers in Human Behavior*, 24, 2541-2553, 2008.
- ZELKOWSKI, J. GLEASON, J. COX, D. C. BISMARCK, S. Developing and validating a reliable TPACK instrument for secondary mathematics preservice teachers. *Journal of Research on Technology in Education*, Winter Vol.46, p.173. 2013.