

António Pedro Fonseca, C.I. Extremina; A. Ferreira & Carlinda Leite.

Faculdade de Medicina da Universidade do Porto/REQUIMTE

apfonseca09@gmail.com

APLICAÇÕES DOS MAPAS CONCEPTUAIS NO ENSINO UNIVERSITÁRIO PÓS-BOLONHA: OS MAPAS COMO FERRAMENTA PARA O AUMENTO DE EFICIÊNCIA DO PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM

Nos últimos anos, no ensino superior, vários discursos têm reforçado a importância da aprendizagem e o envolvimento dos estudantes nos seus percursos de formação. Para isso, os programas das diferentes unidades curriculares devem justificar de forma rigorosa os conteúdos seleccionados e o grau de detalhe a alcançar. No quadro destas ideias, o presente trabalho pretende trazer à reflexão académica a importância da utilização dos mapas conceptuais – aspecto desenvolvido por Novak tendo por base a teoria de aprendizagem de Ausubel para o design do programa das unidades curriculares.

Como se pretende tornar evidente, o desenvolvimento de uma unidade curricular através do uso de mapas conceptuais exige uma adequada selecção de conceitos distinguindo claramente conceitos mais gerais de outros mais inclusivos e diferenciando conceitos principais de secundários, i.e., é necessário que os mapas ajudem a tornar claro a estrutura conceptual essencial e quais os possíveis constrangimentos. Por isso, este é um processo que exige criatividade e capacidade de resolver problemas no qual uma técnica de visualização com a utilização de mapas pode aumentar significativamente a qualidade da aprendizagem. Ao mesmo tempo, o design curricular interdisciplinar pode beneficiar do consenso obtido em grupo bem como permitir evidenciar ligações entre disciplinas e elementos conceptuais comuns.

Segundo Ausubel (2000) o mais importante para o ensino é o diagnóstico precoce dos conhecimentos prévios do aluno e uma acção pedagógica consentânea com essa informação. Ou seja, é sustentado que os estudantes devem ter conhecimento de um conjunto de conceitos prévios que constituem pressupostos para uma aprendizagem significativa dos novos conteúdos a aprender. Também a este nível os mapas conceptuais permitem a detecção e organização destes conceitos prévios em torno daqueles que são essenciais para a formulação de objectivos de uma unidade curricular, proporcionando uma maior objectividade bem como uma visão global que é essencial para a identificação de lacunas no conhecimento do próprio docente, incentivando-o deste modo a um estudo mais aprofundado dos conteúdos em falta.

O facto dos mapas conceptuais permitirem um maior enfoque nas ideias principais e nas suas conexões poderá constituir uma mais valia para o design curricular enquanto metodologia para uma melhor sobrevivência na translação para o contexto da sala de aula e na promoção de métodos de trabalho colaborativos.

É no quadro destas ideias que a comunicação a apresentar se focará.

INTRODUÇÃO

O *design* curricular é actualmente um dos focos de atenção das Universidades Europeias, inseridas no contexto do Espaço Europeu de Ensino Superior (EEES) e do processo de Bolonha (Decreto-Lei nº74/2006). Este processo, que envolve grandes alterações estruturais e processuais, pode ser facilitado pelo uso de ferramentas científico – pedagógicas, tais como os mapas conceptuais que permitem extrair e organizar a informação mais relevante do saber especializado. De facto, e como consequência deste processo de Bolonha, exige-se que o ensino superior se centre mais na aquisição de competências e na qualidade das aprendizagens do que na mera transmissão de conteúdos (Marin *et al.*, 2006; Toral *et al.*, 2007). Ou seja, espera-se que cada unidade curricular seja desenvolvida segundo um novo paradigma educativo e tendo em consideração o EEES.

No quadro deste desafio, as etapas iniciais de conceptualização curricular são estruturantes para o restante processo de desenvolvimento do currículo que, por sua vez, deve ser orientado de forma a envolver os estudantes na co-responsabilização pela aprendizagem e pela condução de processos que permitam ir introduzindo as alterações necessárias ao êxito dessa aprendizagem.

Sendo este o contexto do estudo que estamos a realizar, com ele pretendemos discutir em que medida o uso de mapas conceptuais, originalmente pensados para facilitar a aprendizagem pela organização conceptual em redes semânticas, pode ajudar no desenvolvimento curricular nas várias etapas do processo.

OS MAPAS CONCEPTUAIS E A QUALIDADE DA APRENDIZAGEM

Num contexto de aprendizagem são muitas as situações em que os estudantes reproduzem fielmente os conceitos transmitidos mas por vezes revelam-se incapazes de estabelecer relações entre conceitos correlacionados e/ou subjacentes.

Os mapas conceptuais são representações esquemáticas que podem ser unidimensionais (listas de conceitos com organização vertical), bidimensionais ou mesmo tridimensionais e permitem tornar explícitas as relações significativas entre diferentes conceitos através de proposições (Novak, 1984). Nos mapas, as ideias mais gerais e inclusivas são introduzidas em primeiro lugar e progressivamente diferenciadas em termos de detalhe e especificidade, designando-se este princípio por *diferenciação progressiva* (Novak, 1984, 1998). Neste caso, trata-se de uma aprendizagem subordinada, ou seja, a relação de um conceito menos inclusivo a um mais inclusivo e abrangente que já preexiste. Diferente desta aprendizagem é a aprendizagem superordenada em que os conceitos menos inclusivos, previamente aprendidos, são entendidos como elementos de um conceito mais amplo e mais inclusivo, o qual passa a assimilá-los. Ou seja, existe a possibilidade de, a elementos já existentes na estrutura cognitiva serem atribuídos novos significados por reorganização e reestruturação da estrutura cognitiva, pelo que neste caso ocorre *reconciliação integrativa*.

Novak (1998) descreve de forma ainda mais específica a aprendizagem como uma mudança cognitiva em que existe um *continuum* entre a aprendizagem mecânica ou superficial e a aprendizagem significativa ou profunda. Este último tipo de aprendizagem pode ser distinguido da primeira pela medida da integração entre o conhecimento recentemente adquirido e o conhecimento anterior (Hay *et al.*, 2008c). Para que seja possível qualificar a mudança é necessário medir o conhecimento prévio pois este é a base a partir da qual se pode aferir a qualidade da aprendizagem e, sendo assim, esta base é o ponto de partida que pode ser diferente nos vários estudantes (Hay *et al.*, 2008a). Este pressuposto, que parece óbvio, não é contudo considerado muitas vezes no ensino e no *design* curricular Universitário. Segundo Hay (2008b), existem três dimensões para este conhecimento prévio: a riqueza conceptual, a estrutura do conhecimento e as concepções alternativas. Algumas destas estruturas de conhecimento favorecem em maior grau a mudança (aprendizagem). Ou seja, em concreto, diferentes estruturas cognitivas em cadeia, centro-radial e redes (Kinchin *et al.*, 2000) têm utilidades diferentes mas também têm propensões diferentes para a mudança, isto é, para gerarem aprendizagem.

No âmbito destas ideias, é necessário que os estudantes sejam ajudados a compreender qual é a sua posição inicial ou conhecimento prévio e isto constitui, segundo Ausubel (2003), uma etapa essencial para o processo de ensino-aprendizagem (Hay, 2008a). É pois fundamental alterar o paradigma educativo centrado no ensino e na transmissão de conteúdos para um centrado na aprendizagem e no desenvolvimento de competências, e para tal o desenvolvimento curricular deve ser realizado com o intuito de promover aprendizagens significativas (Edmondson, 1995).

O DESIGN CURRICULAR

Tradicionalmente o currículo é entendido como um corpo de conhecimentos a transmitir. Esta definição, embora desactualizada do ponto de vista da concepção académica, tem permanecido viva atendendo ao facto de serem cada vez mais necessárias certificações do conhecimento, designadamente através de exames. No que respeita ao desenvolvimento curricular, o modelo dominante actualmente em uso importou o conceito empresarial de “gestão científica” em que o primordial é definir os objectivos e o programa de actividades. No entanto, a educação, para além de conviver com a mudança, pretende ela própria ser indutora de mudança, o que mostra o desajuste com um modelo onde tudo está definido à partida.

O que deveria ser primordial e central em qualquer currículo é o desenvolvimento da autonomia e de competências pessoais e sociais nos estudantes. No entanto, este objectivo pode permanecer oculto, sem ser operacionalizado, podendo muitos dos estudantes apresentar um conhecimento e compreensão isolados (sem qualquer conexão à estrutura cognitiva prévia) com eventuais concepções alternativas e com uma hipotética ausência de contextualização sócio-histórica do ensino-aprendizagem. Inúmeras podem ser as razões de falhas no desenvolvimento do currículo e de que são exemplo o facto da sua essência poder ser pouco clara, demasiado vasta, complexa ou demasiado fastidiosa, haver falhas em termos de comunicação e não ocorrer o devido envolvimento de quem o vai implementar, poder ser subvertido ou diluído das suas genuínas intenções iniciais (Sherbone, 2008).

É tendo também em consideração a necessidade de suprir estas falhas que entendemos que os mapas conceptuais poderão constituir uma ferramenta científico-pedagógica relevante para um desenvolvimento curricular capaz de promover aprendizagens significativas. E esta aprendizagem implica um processo de desenvolvimento curricular que inclui a síntese integrativa de vários elementos: os objectivos de aprendizagem, o conteúdo do curso, as necessidades dos estudantes, os interesses e estilos de aprendizagem, as estratégias de ensino-aprendizagem e a avaliação. Ou seja, este processo tem em conta o diagnóstico das necessidades dos estudantes e a formulação dos objectivos adequados para cada situação. No entanto, numa primeira fase é importante definir porque é que o currículo é necessário e quais as características sócio-históricas que o influenciam. Trata-se de um processo criativo e que exige competências ao nível da resolução de problemas, pelo que é importante que a organização de ideias recorrendo a um *brainstorming* pode facilitar. A elaboração de mapas mentais facilita este processo de *brainstorming* (Prideaux, 2003), uma vez que permite uma atitude mais proactiva no que respeita à troca de ideias e ao estabelecimento de consensos e coordenação num grupo de trabalho. O design curricular interdisciplinar é mais exigente e este diálogo é facilitado de forma eficaz através da utilização destas ferramentas de visualização que permitem não só ligar conceitos mas também compreender as relações entre eles. Estes mapas conceptuais permitem encontrar temáticas comuns e estabelecer conexões entre áreas distintas (Edmonson, 1995).

O currículo deve ter sempre em consideração quais são as necessidades dos estudantes. Torna-se por isso fundamental perceber, e como já referimos anteriormente, qual a estrutura cognitiva dos estudantes e as suas concepções alternativas, bem como as suas experiências, antes de proceder ao *design* curricular. Neste caso os mapas conceptuais irão funcionar como uma ferramenta de diagnóstico onde se torna explícita a estrutura cognitiva de cada um dos estudantes (Kinchin *et al.*, 2000, 2008, 2009). Estes pontos de partida múltiplos constituem elementos fundamentais para um ensino tutorial adaptativo. Por isso, consideramos que os mapas conceptuais podem abrir uma janela para as mentes dos estudantes, embora sejam sempre uma forma redutora da representação da totalidade do conhecimento do estudante sobre uma área temática, uma vez que deverá sempre ser tido em consideração o contexto de aprendizagem e compreensão (Jonassen, 1996 *apud* Sherbone, 2008).

Outro aspecto a ter em consideração no processo curricular é a selecção dos objectivos, e que deve ter em conta a idade e o estado de desenvolvimento cognitivo dos estudantes, dado que isto condiciona o tipo de compreensão e competências a

serem desenvolvidas. Assim, os objectivos podem eles próprios ser adaptativos e evoluírem na sua complexidade atendendo à idade mental dos estudantes e este processo pode ser facilitado recorrendo a mapas conceptuais. Estes descrevem na bidimensionalidade a sequência ideal para os conceitos no currículo (Prideaux 2003). Por outro lado, dado o carácter visual dos mapas e o facto de serem necessariamente concisos torna possível, aos docentes, enfatizarem as áreas com maior interesse e importância. Acresce ainda que a organização dos conceitos pode permitir a sua melhor integração, tornando deste modo o currículo mais funcional, enquanto material promotor de aprendizagens significativas (Toral *et al.*, 2007).

OS MAPAS CONCEPTUAIS E O DESENVOLVIMENTO CURRICULAR

Sabendo-se que o currículo tem de ser versátil e flexível para poder ser adequado aos docentes e aos estudantes, é suposto que estes terão de estar envolvidos na sua compreensão e comprometidos na sua implementação. Pode no entanto acontecer que haja alguma opacidade na formulação de objectivos, dificultando o entendimento e posterior desenvolvimento. Neste sentido os mapas conceptuais podem facilitar a transmissão a docentes e a estudantes do “core” essencial do currículo bem como das conexões mais relevantes (Edmonson, 1995). O compromisso dos docentes face ao currículo, sendo essencial, exige que os mesmos participem activamente no processo de inovação levando-os a ter uma preocupação mais centrada na aprendizagem e nas competências do estudante pelo que estes factos devem condicionar o modelo de ensino que adoptam (Martin, 1994). O papel de um docente é para além de participar na construção do currículo é realizar de forma eficaz a translação do curriculum para o seu plano de aulas. Este trabalho exige inúmeras competências de forma a não distorcer as intenções iniciais do design curricular. No entanto, muitas vezes dada a pressão dos exames, os docentes percorrem os livros de texto com celeridade sem ter em conta os resultados da aprendizagem, as necessidades dos estudantes e os seus interesses. O currículo pode também ser objecto de uma leitura displicente pelos docentes transformando o plano de aula numa navegação aleatória sem qualquer focagem nos objectivos do conhecimento e nas competências a desenvolver. Deste modo o uso dos mapas conceptuais pode ajudar a especificar e a organizar o conteúdo curricular na medida em que permite a reflexão sobre quais os conceitos principais, qual o seu grau de especificidade e qual a ordem em que vão ser ensinados. A criação de mapas e submapas permite que o docente se concentre nas ideias e competências mais gerais e depois faça uma transferência gradativa segundo uma hierarquia e considerando uma diferenciação progressiva de conceitos (Moreira 2006; Novak 1998, Clark e James, 2004). Este processo facilita ao estudante a percepção da importância de apreender um determinado conceito em concreto. Por outro lado, o próprio docente pode através da reflexão sobre o mapa conceptual curricular, pode proceder a reconciliações integrativas (Novak, 1998) que tornarão mais fácil a elaboração de material promotor de aprendizagem significativas (Kinchin *et al.*, 2000, 2008, 2009). É no quadro destas ideias que se propõe que os mapas conceptuais elaborados pelos estudantes possam servir para os envolver activamente na reformulação curricular permitindo que haja uma aproximação à sua perspectiva, designadamente dando prioridade inicial aos conceitos mais concretos e só depois fazendo referência aos mais abstractos (Clark e James, 2004). Depois da selecção e sequenciação dos conceitos é fundamental organizar as experiências de aprendizagem, considerando que devem existir vias múltiplas e alternativas que permitam encontrar caminhos diferentes em função da riqueza conceptual dos vários interlocutores possíveis, bem como do seu desempenho sucessivo ao longo do curso. Esta capacidade adaptativa do docente deve ter uma sustentação conceptual no design curricular, onde o plano de aula responde em *real-time* à eficácia produtiva dos estudantes (Novak e Gowin, 1984). Este *feedback* contínuo do *design* curricular não impede que seja feita uma aferição pontual do grau de eficácia na persecução dos objectivos inicialmente delineados, designadamente pela explicitação de concepções alternativas erradas, omissões e inconsistências dos estudantes, após o curso (Vilela *et al.*, 2004).

Foi no quadro destas ideias que foi por nós preparado um curso teórico-prático sobre Biofilmes Bacterianos com base na utilização V epistemológico de Gowin (Novak e Gowin, 1984), (Figura 1). O V de Gowin e os mapas conceptuais associados constituíram uma forma de organização curricular do Curso, tendo neste caso os estudantes um papel muito activo, uma vez que cada um dos quatro grupos de estudantes foi convidado a formular uma pergunta de investigação (Figura 2 a 5). Depois conceptualizaram a ala conceptual e a ala metodológica do V de Gowin recorrendo à elaboração de mapas conceptuais. No final, os resultados e as conclusões foram incluídos num V de Gowin integrador que sintetiza e organiza toda a informação. Tal como está ilustrado nas Figuras 2 a 4 existem conceitos que depois se ampliam em submapas, permitindo que esta representação gráfica adquira uma tridimensionalidade. Esta organização curricular, concretizada com participação activa dos estudantes, foi muito bem acolhida (dados não apresentados) demonstrando que uma planificação dinâmica e flexível, que inclui as contribuições dos estudantes, pode promover condições para que realizem aprendizagens significativas.

Todos os mapas foram elaborados recorrendo a um software CmapTools (<http://cmap.ihmc.us/conceptmap.html>) que é disponibilizado gratuitamente sempre que usado para fins académicos ou de investigação. Este programa desenvolvido em plataforma JAVA pode ser usado em qualquer sistema operativo, sendo por isso a sua ubiquidade de utilização favorecida. Acresce ainda que esta ferramenta de software foi desenvolvida pelo grupo de trabalho de Novak pelo que foi desenvolvido de raiz, tendo por base a técnica dos Mapas Conceptuais concebidos por este investigador.

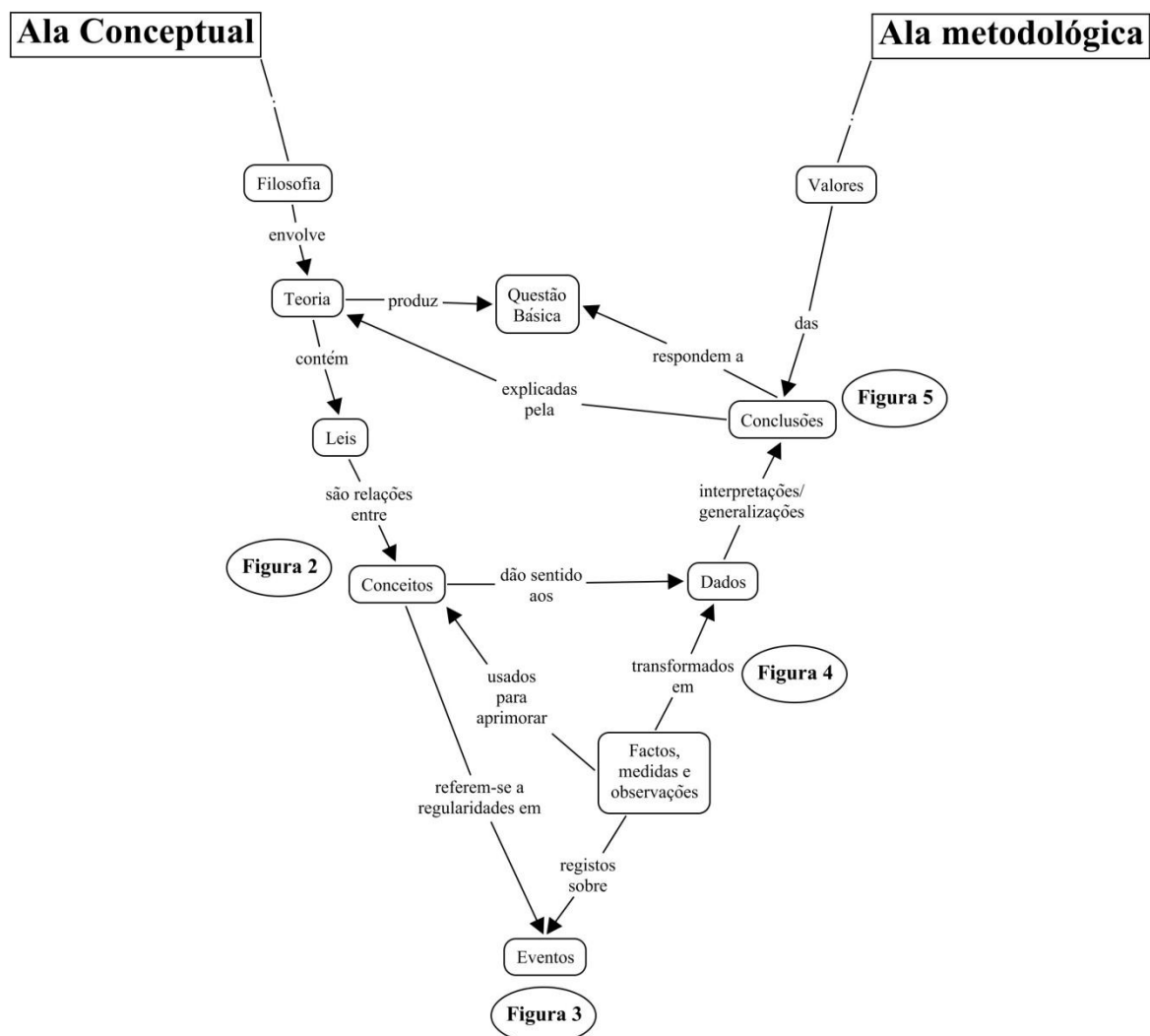


Figura 1: O Vê epistemológico de Gowin utilizado pelos do Curso Biofilmes Bacterianos para a organização das aulas laboratoriais. Elementos da estrutura conceitual e metodológica bem como as suas relações (Buchweitz 1981 *apud* Novak e Gowin, 1984)

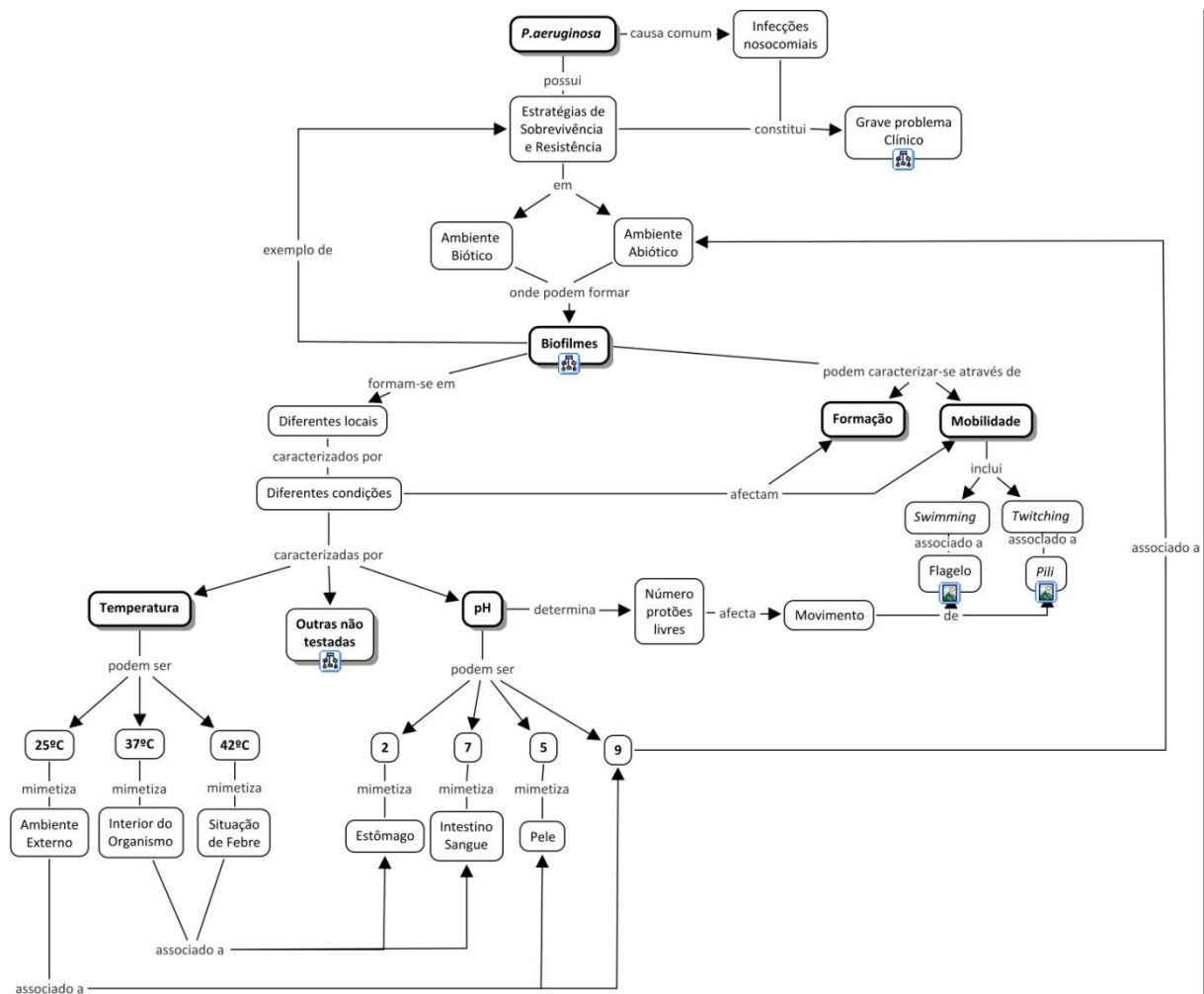


Figura 2: Exemplo de um mapa conceitual organizador da ala conceitual elaborado por um estudante do curso. Em alguns conceitos existem “hiperlinks” para submapas que desenvolvem os conceitos permitindo que o mapa se mantenha claro.

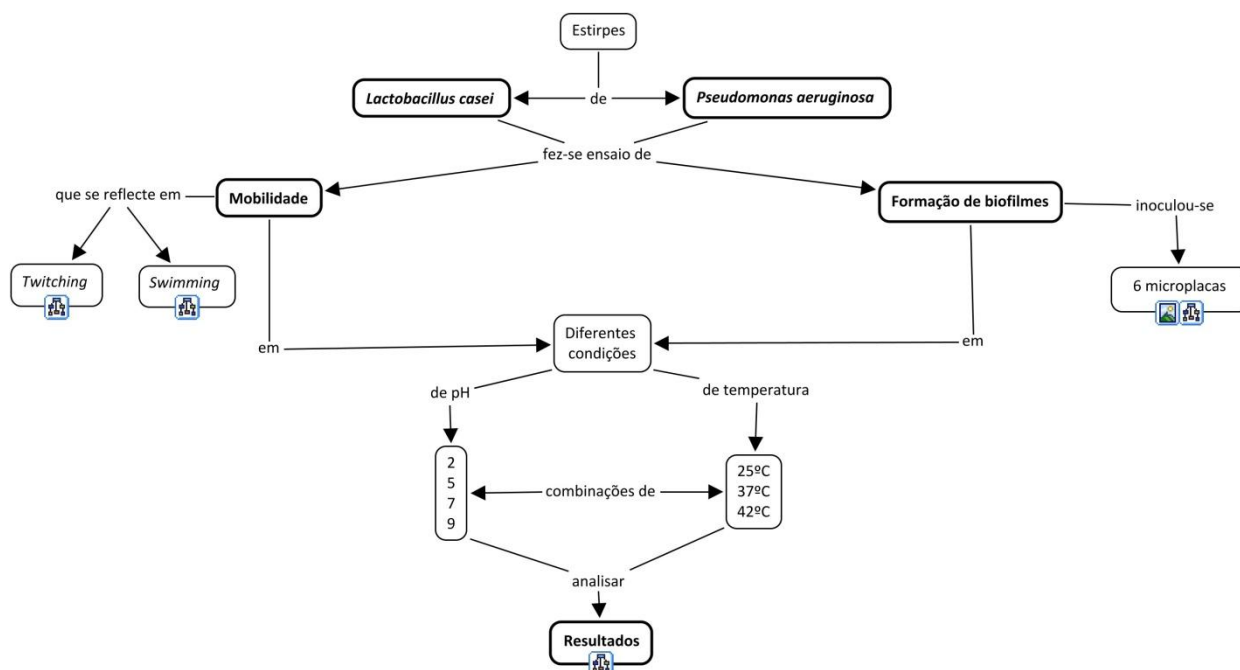


Figura 3: Exemplo de um mapa conceptual elaborado por um estudante do curso relativo à ala metodológica.

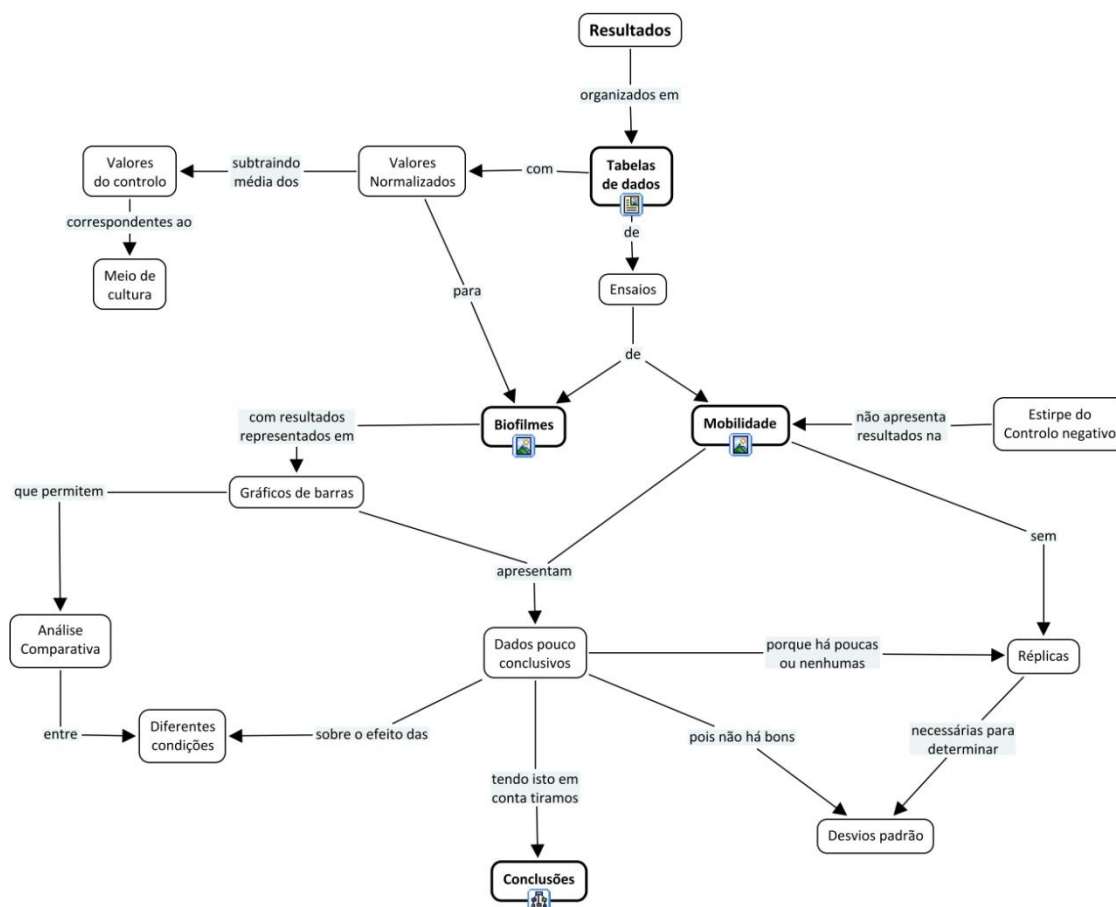


Figura 4: Exemplo de um mapa conceptual elaborado por um estudante do curso relativo aos resultados.

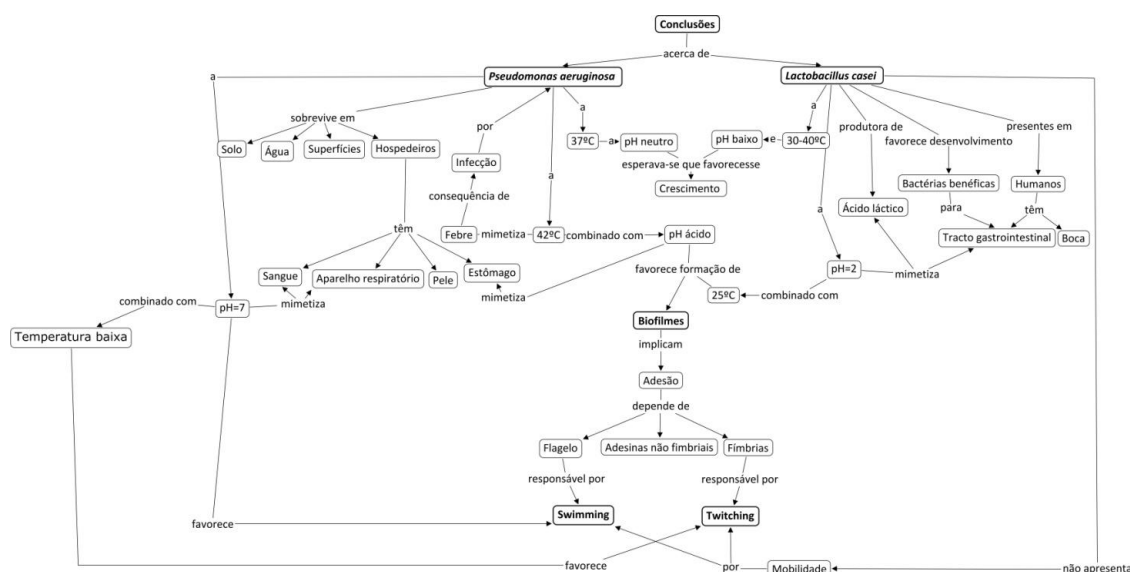


Figura 5: Exemplo de um mapa conceitual elaborado por um estudante do curso relativo às conclusões.

CONCLUSÕES

O desenvolvimento curricular no contexto do EEES e na sequência do processo de Bolonha (Decreto-Lei nº74/2006) tem como foco principal a aprendizagem e o desenvolvimento de competências pelos estudantes pelo que se deve ter como prioridade o maximizar das ideias principais em vez do detalhe. Os mapas conceptuais que têm por base as teorias cognitivo-constructivistas (Ausubel 2003; Novak 1998, (Vygotsky, 1991 *apud* Cãnas *et al.*, 2006) e que pressupõem o conhecimento como uma rede de ideias, facilitam a transferência do conhecimento (McTighe e Lyman, 1998 *apud* Sherbone, 2008) e a aprendizagem porque permitem reduzir ambiguidades interpretativas do currículo e porque permitem a existência de uma discussão colaborativa intra e inter grupos de formação homo ou heterogénea. Mas a utilização dos mapas, bem como dos V de Gowin exige tempo e persistência. Esta atitude proactiva que se exige dos docentes, no que respeita à utilização dos mapas conceptuais, é confrontada com uma postura de facilitismo que privilegia a transferência de informação com carácter de instrução e que tem sido reforçada pelas tradicionais regras de avaliação do desempenho do docente universitário. Esta postura é induzida pelo detalhe das especificações que os currículos previamente elaborados apresentam, de que resulta uma abordagem distribuidora por parte do docente, em vez de uma atitude criadora e inovadora sob o ponto de vista curricular.

Os mapas conceptuais podem ainda ter uma função mais eficaz se o currículo não for desenvolvido para o cumprimento de objectivos mas sim enquanto processo de desenvolvimento de competências, rejeitando-se o detalhe dos objectivos e dos métodos (Sherbone, 2008). De facto, o nosso exemplo da organização do Curso dos Biofilmes Bacterianos evidencia a necessidade do currículo ser flexível e dinâmico de forma a que no processo de ensino-aprendizagem se possam incluir as sugestões dos estudantes.

Ou seja, o desenvolvimento curricular é um processo complexo que exige múltiplas ferramentas, no entanto os mapas conceptuais constituem uma mais-valia inequívoca para a sua estruturação e sequenciação inicial. Apesar disso, o seu uso é ainda restrito a cursos com pequena dimensão e fora do âmbito Biomédico em que nos enquadrámos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anohina, A., Vilkelis, M. e Lukasenka, R. (2009). Incremental improvement of the evaluation algorithm in the concept map based knowledge assessment system. *International Journal of Computers, Communications & Control*. 4(1): 6-16.
- Ausubel, D.P. (2003). *Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva*. Lisboa: Plátano Edições Técnicas. Tradução de The acquisition and retention of knowledge: a cognitive view. (2000). Kluwer Academic Publishers.
- Clark, I.F. e James, P.R. (2004). Using concept maps to plan an introductory structural geology course. *Journal of Geoscience Education*. 52(3): 224-230.
- Cañas, A. J. e Novak, J. D. (2006). Re-examining the foundations for effective use of concept maps. In Cañas, A.J. e Novak, J.D. (eds.). *Proceedings of the second international conference on concept mapping*. Universidad de Costa Rica. San Jose, Costa Rica. Volume 1. pp. 247-255.
- DIÁRIO DA REPÚBLICA—I SÉRIE-A Nº60—24 de Março de 2006, 2242-2257
- Edmonson, K.M. (1995). Concept mapping for the development of medical curricula. *Journal of Research in Science Teaching*. 32(7): 777-793.
- Hay, D. e Kinchin, I. (2008c). Using concept mapping to measure learning quality. *Education and Training*. 50(2): 167-182.
- Hay, D., Kinchin, I. e Lygo-Baker, S. (2008a). Making learning visible: the role of concept mapping in higher education. *Studies in Higher Education*. 33(3): 295-311.
- Hay, D.B., Wells, H. e Kinchin, I.M. (2008b). Quantitative and qualitative measures of student learning at university level. *Higher Education*. 56(2): 221-239.
- Kinchin, I. (2009). A knowledge structures perspective on the scholarship of teaching & learning. *International Journal for the Scholarship of Teaching and Learning*. 3(2): 1-6.
- Kinchin, I.M., Cabot, L.B. e Hay, D.B. (2008c). Visualizing expertise: towards an authentic pedagogy for higher education. *Teaching in Higher Education*. 13(3): 315-326.
- Kinchin, I.M., Hay, D.B. e Adams, A. (2000b). How a qualitative approach to concept map analysis can be used to aid learning by illustrating patterns of conceptual development. *Educational Research*. 42(1): 43-57.
- Leite, C. e Ramos, K. (2008). De um lugar de exclusão ao reconhecimento de um lugar: Questões pedagógico-didáticas na universidade do Porto. Em: Santa, T., Cordeiro, C. e Melo, M.M.O. (eds.). *Formação pedagógica e docência do professor universitário: Um debate em construção*. Editora Universitária UFPE. Recife.
- Magalhães, A. (2006). A identidade do ensino superior: a educação superior e a universidade. *Revista Lusófona de Educação*. 7: 13-40.
- Marin, S.L.T., Martíneztorres, R, Barrero, F.J. Gallardo, G.S., Vargas, V.E e Ayala, V.G. (2006). Planning a master's level curriculum according to career space recommendations using concept mapping techniques. *International Journal of Technology and Design Education*. 16: 237-252.
- Martin, D.J. (1994). Concept mapping as an aid to lesson planning: A longitudinal study. *Journal of Elementary Science Education*. 6(2): 11-30.
- Moreira, M.A. (2006). *A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula*. Editora Universidade de Brasília. Brasília.

- Novak, J.D. (1998). Learning, creating and using knowledge: Concept mapping as facilitative tools in schools and corporations. Em: Hillside NJ, Lawrence Erlbaum Associates e Sherborne, T. (eds.). *Knowledge Cartography: Software tools and mapping techniques*. Springer. London. pp. 183-198.
- Novak, J.D. e Gowin, D.B. (1984). *Learning how to learn*. Cambridge University Press. Cambridge.
- Prideaux, D. (2003). ABC of learning and teaching in medicine: Curriculum design. *BMJ*.326: 268-270.
- Sherbone, T (2008). Mapping the curriculum: How concept maps improve the effectiveness of course development. Okada, A., Buckingham, S. e Sherbone, T. (eds.). *Knowledge cartography: Software tools and mapping techniques*. Springer. London. pp. 183-198.
- Toral, S.L. Martínez-Torres, M.R., Barrero, F., Gallardo, S. e Durán, M.J. (2007). An electronic engineering curriculum design based on concept-mapping techniques. *International Journal of Technology and Design Education*. 17: 341–356.