# CONEXÃO DE CONHECIMENTOS BÁSICOS E ESPECÍFICOS EM ENGENHARIA – UMA QUESTÃO DE LINGUAGEM?

**Simone Leal Schwertl**– sileal@furb.br
**Adriana Kuehn** – adriana@furb.br
Departamento de Matemática
**José Alexandre Borges Valle** – alex@furb.br
**Edelberto Luiz Reinehr** – edel@furb.br
Departamento de Engenharia Química

Universidade Regional de Blumenau
Endereço Rua Antonio da Veiga, nº140, Victor Konder - 89.037-001 – Blumenau- SC

***Resumo:*** *A muito que o tema interdisciplinaridade é foco de discussão. Quando analisamos a grade curricular de um curso de engenharia observamos que a disposição das disciplinas ao longo das suas fases obedece a uma ordem que procura respeitar pré-requisitos. Disciplinas específicas de cada curso buscam na física, no cálculo diferencial e na álgebra ferramentas para desenvolverem seus conteúdos. A grande pergunta é: Por que o acadêmico não consegue fazer a "ponte" entre os conteúdos das disciplinas básicas com os das disciplinas específicas? Quando procuramos responder esta pergunta, dentre algumas possibilidades aparecem: 1) A linguagem utilizada pelos professores do ciclo básico e do profissionalizante não é a mesma; 2) Os alunos não têm maturidade para associar os conteúdos. Para amenizar estas hipóteses o curso de Engenharia Química da Furb criou disciplinas integralizadoras, que buscam a conexão de conhecimentos na fase inicial do curso. Para otimizar os trabalhos destas disciplinas os professores se reuniram para discutir a conexão entre o ciclo básico e o profissionalizante. Após várias discussões, constatou-se a necessidade de reunir um grupo de professores dos ciclos básico e profissionalizante para analisar situações problema, trabalhadas nas disciplinas integralizadoras, visando avaliar de forma bastante específica questões de linguagem e conteúdo. A análise mais detalhada de uma das situações problema discutidas será apresentada no artigo, bem como as respectivas conclusões desta análise.*
***Palavras-chave:*** *interdisciplinaridade, linguagem, Matemática, Ensino de Engenharia Química*

## 1. INTRODUÇÃO

A muito que o tema interdisciplinaridade é foco de discussão. Nos Encontros Brasileiros Sobre o Ensino de Engenharia Química (ENBEQ's), este assunto foi objeto de discussão em mais de um evento. Como exemplo, nos anais dos VII ENBEQ (ENBEQ, 1997) foi emitida uma recomendação que consistia na utilização de exemplos de problemas simples de Engenharia Química para que pudessem ser utilizados para o ensino do ciclo básico. No IX ENBEQ (ENBEQ, 2001) o grupo de trabalho sobre Metodologia de Ensino elencou alguns princípios que poderiam ser utilizadas para facilitar a integração de conteúdos e interdisciplinaridade. Dentre eles foi citado:

> "buscar a integração na articulação entre teoria e prática e na construção de um contexto interdisciplinar para a solução e análise de problemas concretos. Os mecanismos utilizados seriam de dois tipos. A criação de disciplinas específicas que, distribuídas apropriadamente na grade curricular, propiciariam uma integração tanto vertical quanto

horizontal dos conteúdos envolvidos nas diferentes etapas. Uma outra alternativa consistiria em fazer uso de disciplinas existentes, em geral de natureza mais abrangente e localizadas ao final da grade. Estas disciplinas seriam conduzidas de modo que, a partir de um produto ou processo de referencia, os diferentes conteúdos se encadeiam na tentativa de dar conta do problema como um todo", ENBEQ (2001).

A disposição das disciplinas na grade curricular de um curso de engenharia procura observar uma ordem de forma a respeitar determinados pré-requisitos. Disciplinas específicas de cada curso buscam na física, no cálculo diferencial e na álgebra ferramentas para desenvolverem seus conteúdos. A grande pergunta é: por que o acadêmico não consegue fazer a "ponte" entre os conteúdos das disciplinas básicas com os das disciplinas específicas?

Quando procuramos responder esta pergunta, dentre algumas possibilidades aparecem: 1) A linguagem entre os professores do ciclo básico e do profissionalizante não é a mesma; 2) Os alunos não têm maturidade para associar os conteúdos. Para amenizar estas hipóteses, o curso de Engenharia Química da FURB criou disciplinas denominadas Atividades Integralizadoras, que buscam a conexão de conhecimentos. Distribuídas na segunda e quarta fases do curso, procuram mostrar porque os conteúdos de matemática, física e química são importantes e procurando integrá-los ao conhecimento enquanto alunos de engenharia química.

Para otimizar e intensificar os trabalhos destas disciplinas, professores da área da Matemática e das Atividades Integralizadoras se reuniram para discutir a conexão entre o ciclo básico e o profissionalizante. Após várias discussões constatou-se a necessidade de reunir um grupo de professores, destes dois ciclos, para analisar situações problema trabalhadas nas disciplinas integralizadoras, visando avaliar de forma bastante específica questões de linguagem e conteúdo. Neste trabalho foi detalhada a avaliação do grupo feita a partir da situação problema: transferência de calor numa parede de uma tubulação por condução.

## 2. TRANFERÊNCIA DE CALOR X RESOLUÇÃO DE EQUAÇÕES DIFERENCIAIS

A condução pode ser considerada como a transferência de energia das partículas mais energéticas de uma substância para as partículas menos energéticas, graças às interações entre elas.

São inúmeros os exemplos de condução de calor pela condução. O cabo de uma colherinha de metal imersa numa xícara de café fica quente em virtude da condução da energia através do metal. Num dia de inverno, há perda significativa de calor de um aposento aquecido para a atmosfera externa. Esta perda de calor se deve principalmente à condução do calor através da parede que separa a atmosfera interna do aposento da atmosfera externa.

É possível quantificar o processo de transferência de calor em termos da equação da taxa apropriada. A equação pode ser usada para se calcular a quantidade de energia transferida por unidade de tempo. Na condução de calor, a equação da taxa é conhecida como Lei de Fourier. No caso da parede de um cilindro a lei de Fourier é empregada para a direção radial (INCROPERA E DEWITT, 1991).

Para o estudo da situação problema escolhida parte-se do seguinte exemplo:

Uma tubulação, Figura 1, com diâmetro interno de 2 cm e espessura de parede de 0,5 cm, está sujeita a uma temperatura interna e externa de 100ºC e 60°C, respectivamente. Obtenha a taxa de transferência de calor por unidade de comprimento da tubulação, admitindo o regime permanente. O material utilizado na confecção da tubulação é aço carbono, muito comum nas indústrias, cuja condutividade térmica é 63,9 W/m°C .

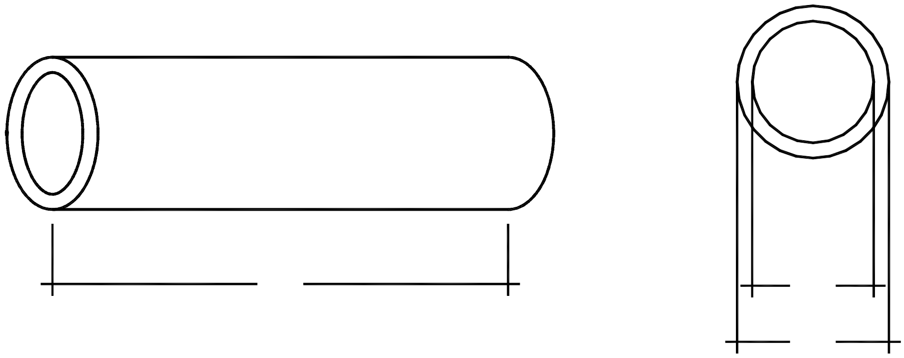

Figura 1 –
Descrição da tubulação.

Para a solução cujo objetivo é obter a "taxa de transferência de calor por unidade de comprimento da tubulação que é dada por q/L recorre-se a LEI DE FOURIER (BEJAN, 1994; KREITH, 1977; OZISIK, 1985), dada pela equação (1):

$$q = -kA\frac{dT}{dr} \tag{1}$$

$$A = 2\pi\ rL \tag{2}$$

(1)

Substituindo a área de transferência (equação 2) na LEI DE FOURIER teremos:

$$q = -k\ (2\pi\ rL\ )\frac{dT}{dr} \tag{3}$$

(2)

Agora teremos que resolver a equação diferencial (3) para obtermos a taxa transferência de calor por unidade de comprimento do tubo (q/L) solicitada.

A seguir apresentamos a resolução desenvolvida pelo professor da disciplina Integralizadora I, ao colocar este problema aos acadêmicos do curso de Engenharia Química.

$$q = -k\ (2\pi\ rL\ )\frac{dT}{dr} \tag{3}$$

Separando-se as variáveis da equação (3)

$$\frac{q}{k2\pi L}\frac{1}{r}\ dr = -\ dT \tag{4}$$

Integrando-se os dois lados da equação (4) e substituindo-se os limites de integração obtém-se:

$$\frac{q}{k2\pi L}\int_{r_i}^{r_e}\frac{1}{r}\ dr = -\int_{T_i}^{T_e}\ dT \tag{5}$$

$$\frac{q}{k2\pi L}(\ln r_e - \ln r_i) = -(T_e - T_i) \tag{6}$$

Rearranjando a equação (6), tem-se a solução algébrica da equação (7)

$$(T_e - T_i)$$

$$\ln(r_e / r_i)$$

(7)

$$\frac{q}{L} = -2\pi k\ ¿\frac{¿}{¿}¿$$

A solução algébrica é de grande importância para o cálculo da quantidade de calor que é perdida em tubulações de vapor que não são isoladas, e o arredondamento feito apenas após a substituição dos valores de $T_i$ ,$r_i$ ,$T_e$ ,$r_e$ e k na equação (7) fornecem uma melhor precisão nos resultados:

$$\frac{q}{L}=-2\pi\ 63,90\frac{(60-100)}{\ln(1,5/1)} \tag{8}$$

$$\frac{q}{L}=39608,39¿W/m$$

¿

A análise deste problema pelo grupo iniciou com a descrição e a resolução apresentada anteriormente pelo professor da disciplina Atividades Integralizadoras I aos professores de cálculo e álgebra que compõe o grupo.

Um aspecto observado pelos professores do ciclo básico está correlacionado ao conhecimento necessário para resolver a equação diferencial (3) que descreve a transferência de calor, na parede da tubulação. Em nossa Instituição os acadêmicos iniciam os estudos de equações diferenciais na disciplina de Cálculo Diferencial e Integral II. A ementa desta disciplina é muito extensa e equações diferenciais é o último conteúdo abordado. São trabalhadas apenas noções básicas de resolução de equações diferenciais uma vez que o tempo disponibilizado para o seu desenvolvimento é bastante reduzido.

A seguir apresentamos a resolução que um acadêmico deveria ser capaz de desenvolver ao tentar fazer conexões entre as resoluções de equações diferenciais trabalhadas em seu curso juntamente com as resoluções apresentadas em livros de cálculo diferencial e integral que tratam do assunto. Partimos do princípio de que o acadêmico deveria resolver a equação diferencial apresentada na equação (3), denominaremos esta resolução de segunda opção.

A segunda opção de resolução parte da equação (3). Num primeiro momento ao comparar esta equação com as equações diferenciais clássicas trabalhadas num curso básico de cálculo diferencial e integral, observamos que o objetivo de sua resolução não é obter a temperatura T e tampouco o raio r, e sim q/L. Esta constatação tão sutil acaba por evidenciar um aspecto que não é comum nos problemas de aplicações de equações diferenciais existentes na literatura específica de cálculo diferencial e integral e não sendo, portanto abordada neste curso.

A técnica utilizada para a resolução da equação:

$$q=-k\ (2\pi\ rL)\frac{dT}{dr}$$

(3)

seria a de separação de variáveis. Ou seja, as variáveis "T" e "r" já que aparecem os diferenciais "dT" e "dr".

Teríamos então:

$$dT=\frac{-q}{L2\pi\ kr}\ dr$$

(9)

A equação (9) é integrada:

$$\int\ dt\ =\int\ (\frac{-q}{L2\pi k})\frac{1}{r}\ dr$$

(10)

Resolvendo a integral indefinida têm-se as equações (11) onde aparecem as constantes $c_1$ e $c_2$:

$$T\ +c_1=-\frac{q}{K2\pi L}\ln|r\ |+c_2 \tag{11}$$

Rearranjando a equação (11) e substituindo as constantes $c_1$ e $c_2$ por c:

$$T\ =\frac{-q}{2L\pi k}.\ln|r\ |+c \tag{12}$$

O próximo passo para a resolução da equação diferencial (3) seria utilizar as condições de contorno para obter a constante C. E assim finalmente resolver o problema proposto isolando q/L.

Aqui outra novidade aparece. Nos problemas clássicos de equações diferenciais geralmente tem-se apenas uma condição de contorno e neste problema temos duas: para $T_i$=100ºC temos $r_i$= 1cm e para $T_e$= 60ºC temos $r_e$ = 1,5cm.

Um caminho para a resolução seria a substituição das condições de contorno na equação (12) :

Para $T_i$ =100ºC e $r_i$ = 1cm temos:

$$100=\frac{-9}{2L\pi k}.\ln|1|+c \qquad (13)$$

$$100=-\frac{q}{2\,k\pi L}\cdot 0+C$$

(14)

logo C = 100

Observamos que tivemos muita sorte de $r_i$ ter valor numérico igual a 1, ou seja, $ln1=0$. Um outro valor para $r_i$ poderia dificultar a resolução, pois teríamos que utilizar as duas condições de contorno para determinar a constante C que ainda ficaria em função de q, k, e L.

Agora usaremos a segunda condição de contorno juntamente com o valor da constante C para obter q/L:

Para $T_e$=60ºC, $r_e$=1,5cm e C = 100 temos:

$$60=\frac{-q}{2L\pi k}.\ln|1,5|+100 \qquad (15)$$

$$\frac{q}{L}=\frac{-40\,.\,2\,.\,\pi\;.\,k}{-\ln|1,5|} \qquad (16)$$

para k = 63,90, temos: $\frac{q}{L}=39608{,}39\,w/m$

Um outro caminho para a resolução da equação (3) seria usar as condições de contorno como limites das integrais que aparecem na equação (10). Esta solução foi adotada na primeira opção de resolução desenvolvida pelo professor da disciplina Integralizadora I, porém é importante observar que um acadêmico não “passaria” pela solução algébrica indo diretamente para solução numérica apresentada a seguir.

Separadas as variáveis T e r, da equação (3), esta é integrada usando-se as condições de contorno como limites de integração:

$$\int_{100}^{60} dT=-\frac{q}{K2\pi l}\cdot\int_{1}^{1,5}\frac{dr}{r} \qquad (17)$$

Resolvendo as integrais teremos:

$$T\ \Big|_{100}^{60}=-\frac{q}{K2\pi L}\cdot\ln r\ \Big|_{1}^{1,5}$$

(18)

Substituindo os limites de integração:

$$60-100=-\frac{q}{K2\pi L}\cdot(\ln 1{,}5-\ln 1) \qquad (19)$$

$$-40=-\frac{q}{K2\pi L}\cdot\left(\ln {}^{1,5}\!\!/_{1}\right) \qquad (20)$$

Rearranjando a equação conseguimos isolar *q/L*:

$$\frac{q}{L}=\frac{40K2\pi}{\ln 1,5} \quad (21)$$

Substituindo k por 63,9 teremos:

$$\frac{q}{L}=-\frac{40.63,9.2\pi}{\ln 1,5}=39608,39\,w/m \quad (22)$$

O grupo constatou que a primeira opção de resolução é apresentada em algumas literaturas da área específica de Engenharia Química, mas, no entanto não é comum nos livros de cálculo diferencial e integral (ZILL, 2001; SETEWART, 2001) que abordam as equações diferenciais como o apresentado na segunda opção.

Neste momento, é importante salientar, que um acadêmico que esteja no ciclo básico ou que recentemente iniciou o ciclo específico recorrerá aos livros de cálculo quando procurar técnicas para resolver equações diferenciais e não em literatura específica.

Assim para que o acadêmico estabeleça a conexão entre a resolução apresentada na primeira opção, pelo professor da área específica, e os conceitos desenvolvidos no curso de cálculo diferencial é necessário à interiorização dos conceitos de integral definida e indefinida, que os professores das disciplinas específicas assumem ter ocorrido. Porém sabemos que a interiorização de conteúdos é estimulada quando o conceito é bem explorado em situações contextualizadas que estejam ao alcance do entendimento do aluno.

Dentro do apresentado são levantadas algumas hipóteses interessantes que justificam as dificuldades encontradas pelos alunos na resolução de problemas.

Sem sombra de dúvida existe primeiramente um problema de linguagem específica pois a equação diferencial apresentada possui variáveis diferentes daquelas comumente utilizadas em um curso de cálculo diferencial e integral, que na grande maioria das vezes são restringidas a x, y e z. Lembramos aqui também que durante os longos anos do ensino médio e fundamental, os alunos somente utilizaram as variáveis x, y e z, o que com certeza acaba gerando confusões a partir do momento que os problemas enfocam outras variáveis.

Com intuito de observar as dificuldades apresentadas pelos alunos diante da utilização de novas variáveis, como as que aparecem na situação problema abordada, um dos professores do grupo responsável pela disciplina de Cálculo Diferencial e Integral II introduziu de forma experimental estas "novas variáveis" em uma questão de uma das avaliações do semestre, e verificou a real existência de uma barreira de linguagem. A questão era determinar a resolução da seguinte integral $\int kt \,\frac{1}{A}\, dA$, sendo verificado durante a correção das avaliações que mais de 50% dos alunos matriculados na disciplina tiveram problemas em resolvê-la.

A segunda hipótese é a dificuldade de interpretação do problema, ou seja, durante o nível básico dos cursos de Engenharia Química são estudados postulados, teoremas e técnicas tanto nas disciplinas de cálculo diferencial e integral quanto nas de álgebra linear e geometria analítica, no entanto o aluno vai compreender a aplicação destas ferramentas durante o curso profissionalizante, e neste momento é necessário saber interpretar o problema, no entanto na maioria das vezes observamos que o aluno não possui esta autonomia.

Outra hipótese levantada está relacionada à profundidade com que os conteúdos estão sendo abordados nas disciplinas básicas, ou seja, supõe-se que um acadêmico ao passar pelo ciclo básico de seu curso deveria dominar os conceitos abordados. No entanto os professores de algumas instituições têm encontrado algumas barreiras para atingir este objetivo, destacando-se:

a) Os acadêmicos não estão chegando à graduação com conceitos básicos satisfatórios.

Como o ciclo básico é realizado nos primeiros semestres da graduação, são os professores destas disciplinas que tem o primeiro contato com o jovem acadêmico e vivenciam as dificuldades apresentadas por estes com relação à matemática básica. Esta constatação coloca os professores em uma situação difícil, pois em pouco tempo devem resgatar as deficiências da matemática básica, ensinar as principais técnicas e teoremas e aprofundar os conceitos.

b) Redução da carga horária das disciplinas do ciclo básico, principalmente da carga horária total dos cursos, uma corrente defendida em várias escolas e encontros de ensino. Esta tendência tem como premissa que o aluno deva se dedicar extra-classe aos estudos. Esta premissa é plenamente justificável. Entretanto, a diminuição do poder aquisitivo da população e a conseqüente necessidade dos acadêmicos, cada vez em maior número se dedicarem também a uma atividade que lhes permita a sua manutenção e subsistência faz com que esta redução tenha reflexos no seu desempenho acadêmico.

## 2. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para compreender a origem das dificuldades apresentadas pelos acadêmicos em conectar os conteúdos das disciplinas básicas com os das disciplinas específicas este trabalho apresentou inicialmente as seguintes hipóteses:

*1) A linguagem utilizada entre os professores do ciclo básico e do profissionalizante não é a mesma;*

*2) Os alunos não têm maturidade para associar os conteúdos.*

A partir do momento em que os professores do ciclo básico, mas especificamente do Departamento de Matemática, e do ciclo profissionalizante, representados pelos professores das disciplinas Atividades Integralizadoras I e II, do curso de Engenharia Química, disponibilizaram um horário para compreender as diferentes linguagens abordadas nos dois ciclos através da análise do desenvolvimento numérico comumente utilizado na resolução de problemas específicos da engenharia química, surgiram inúmeras evidencias que comprovam as hipóteses.

A análise da situação problema, objeto deste artigo, foi muito produtiva, principalmente em função da dinâmica adotada para o estudo, que consistiu em reuniões informais entre os autores, professores da área específica e básica. Com certeza a riqueza das informações obtidas para justificar e solucionar as hipóteses levantadas neste trabalho deve-se ao comprometimento dos professores envolvidos na busca de elucidar as dificuldades apresentadas pelos alunos na conexão dos conteúdos básicos x específicos. Isto porque através destes estudos comprovamos que o que parece óbvio para os professores da área básica não é tão evidente para os professores da área específica e vice-versa, o que proporcionou diversas discussões em torno da forma de desenvolvimento e exposição dos conteúdos, na busca por uma conexão.

Com relação à primeira hipótese podemos afirmar que esta foi levantada diversas vezes em reuniões de professores, entretanto, não havia a evidencia de sua comprovação. Num primeiro contato com o problema começaram a surgir indagações, com relação aos conteúdos necessários para uma formação nas disciplinas básicas que proporcionem a autonomia do aluno na resolução de equações diferenciais, por exemplo, em matérias específicas.

Gostaríamos de reforçar que esta análise foi construtiva devido à interação entre os professores dos ciclos básico e específico, este tipo de discussão com certeza não ocorreria se simplesmente um dos professores resolvesse o problema proposto, pois aí não haveria dúvidas!

Uma das conclusões pontuais deste trabalho foi a questão de linguagem, desta forma os professores do ciclo básico estão introduzindo em suas disciplinas um pouco da linguagem utilizada pelos professores do ciclo profissionalizante e vice-versa. Ou seja, acreditamos que uma das alternativas para transpor esta barreira de linguagem possa ser a utilização de “novas variáveis” nos cursos de cálculo diferencial e integral, o que já vem sendo abordado pelos professores do ciclo básico neste semestre.

Devido a diminuição da carga horária do ciclo básico, bem como das dificuldades apresentadas pelos alunos com relação a matemática básica, concluímos que talvez uma solução seria abordar no ciclo básico as técnicas prioritárias e para que isto ocorra de maneira efetiva seria necessário que os professores da área específica contribuíssem enumerando os conceitos mais importantes a serem abordados. Ao limitarmos os conteúdos às necessidades específicas do curso de engenharia química, os professores do ciclo básico poderiam aprofundar os conceitos, além de ensinar as principais técnicas. Acredita-se que se os professores das áreas específicas retomassem estes conceitos no momento em que fossem apresentadas situações contextualizadas, ajudariam a preencher algumas lacunas deixadas no ciclo básico.

Concluímos que para suprir os problemas levantados é necessária muita reflexão sobre o processo de ensino aprendizagem, aplicado nas disciplinas dos cursos de graduação. A preocupação com a integração e conexão de conteúdos existe há muito tempo, todos os caminhos propostos até então são válidos. No entanto acreditamos que para ocorrer a efetiva integração de conteúdos para o acadêmico esta deverá primeiramente iniciar de fato entre os professores que ministram as diversas disciplinas do curso.

O trabalho aqui apresentado continua sendo desenvolvido e até o presente momento foram discutidos e analisados 10 problemas específicos. Pretende-se no próximo artigo apresentar um levantamento dos aspectos relevantes, bem como estender o trabalho para análise de situações específicas dos outros cursos de engenharia da FURB.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS


BEJAN, A. **Transferência de Calor**. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 1994.

INCROPERA, F. P.; DEWITT, D. P. **Fundamentos de Transferência de Calor e de Massa**. Rio de Janeiro: LTC, 4ª edição, 1996.

KREITH, F. **Princípios da Transmissão de Calor**. São Paulo: Edgard Blücher ltda, 1977.

ÖZISIK, M. Necati. **Transferência de Calor – Um texto básico**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A., 1985.

ZILL, Denis G. **Equações Diferenciais**. Volume I e II. São Paulo:Makron Books, 2001.

STEWART, James. **Cálculo**. Volume II. São Paulo:Pioneira Thomson Learning, 2001.


# LINKING BASIC AND SPECIFIC KNOWLEDGE IN ENGINEERING - A LANGUAGE ISSUE ?


***Abstract**: Interdisciplinarity has been the focus of discussion for quite a while. When an engineering course syllabus is analyzed, one may observe that the disciplines grade for the different periods comply with a required order. Specific disciplines of each course look for tools in other disciplines, as physics, differential calculus, and algebra so to develop their own contents. The question here is: then why students are not able to make a bridge between basic disciplines and specific disciplines content? And the issues that lead us to an answer are: 1) Teachers´ language from basic and professionals periods is different; 2) Students are not mature enough to associate contents. In order to minimize both hypotheses the Chemical engineering course from FURB created integrated disciplines so to link knowledge from the initial phase of the course. Teachers met for discussing links between basic and professional's cycles in order to optimize interdisciplinary work. There was a need to gather teachers from both cycles to work problems out into the interdisciplinary courses, assessing language issues and content. A more detailed analysis of assessment performed by teachers is discussed in this article, as well as its respective conclusion.*


***Keywords**: interdisciplinary, language, mathematics, engineering teaching.*