

DISTRIBUIÇÃO SEQUENCIAL DE DISCIPLINAS NO CURRÍCULO DE QUÍMICA

Sérvulo Folgueras—Domínguez

*Departamento de Química – Universidade Federal de São Carlos
Caixa Postal 676, 13560 – São Carlos, (SP)*

Recebido em 11/05/85

1. INTRODUÇÃO

Parece existir atualmente bastante preocupação com o nível de rendimento da aprendizagem dos alunos em todos os graus de ensino.

A procura das causas que podem influir nesse rendimento resulta laboriosa e incerta por ser complexo o processo de ensino-aprendizagem e dependente de numerosas variáveis que vão do desempenho do professor ao do aluno, passando pelos objetivos gerais e específicos da aprendizagem. Entre essas variáveis se incluem o modelo de aluno que pretendemos formar e o desempenho profissional que mais tarde se espera dele. Fatores que podem influir bastante no seu desempenho, após formado, são o conteúdo estudado durante a graduação, seu enfoque e sua distribuição sequencial, além, naturalmente, da dedicação do aluno no acompanhamento das atividades docentes e discentes.

Esta pontualização rápida é necessariamente rudimentar e incompleta, pretendendo apenas focalizar certos aspectos importantes ao longo do processo ensino-aprendizagem.

Não é freqüente estabelecer uma comparação formal entre a eficiência do ensino-aprendizagem na atualidade e em épocas passadas mas, pela preocupação que muitos docentes mostram sobre o desempenho dos alunos, parece não ser indiscutível que o ensino-aprendizagem atual seja mais eficiente que num passado mais ou menos imediato. Este fato poderia levar a uma reflexão cuidadosa sobre a evolução dos currículos e dos conteúdos neles abordados procurando aproveitar a experiência decorrente nesta análise.

Há tempos que, visando melhor rendimento em ensino-aprendizagem na área de Química, realizamos experimentos atingindo alguns dos aspectos indicados acima. Entre eles, treinamento de alunos de Licenciatura em Química¹ para desenvolver suas habilidades como professores. Em parte, este treinamento incluía trabalhos experimentais e atuação em escolas da comunidade^{2, 3}. Observamos que é freqüente centrar os problemas do ensino-aprendizagem no desempenho do professor. Dele depende, em grande parte, o rendimento e o sucesso do aluno. Mas é importante desenvolver também as habilidades do aluno para que ele se desempenhe na aprendizagem. Iniciamos recentemente uma pesquisa que procura identificar as dificuldades enfrentadas pelo aluno no seu trabalho, tão complexo e tão importante para

o ensino-aprendizagem, como o trabalho do professor⁴. Procuramos desenvolver o treinamento do aluno em habilidades de estudo e aprendizagem, com a colaboração dos próprios estudantes que, através de questionários e entrevistas, mostram não terem recebido anteriormente este tipo de treinamento em nível suficiente para obter um melhor rendimento como alunos, e para fazer mais econômica sua aprendizagem.

Em relação com currículos de Ciências e Química, nosso interesse foi despertado pela implantação no País de programas experimentais^{5, 6, 7} e a elaboração parcial ou total de programas e textos^{8, 9, 10} que pode ser sistematizada e racionalizada por métodos específicos^{11, 12}. Esses métodos podem ser aplicados também ao conteúdo de uma disciplina, procurando sua fundamentação pedagógica e à integração dos aspectos teóricos e experimentais¹². Em tempos passados realizamos um trabalho que levou a estabelecer a sequência de um programa de Química do segundo grau desenvolvido a partir de uma experiência real. Esta experiência de vários anos em melhoria de programas de Química nas condições reais de aula, foi aproveitada e sistematizada para dar lugar a uma publicação¹⁰. A DECD editou há anos estudo sobre o ensino de Química que pode servir de análise comparativa da situação em diversos países^{13, 14}. Pode ser estabelecida uma comparação com currículos atuais e, especialmente, com uma proposta de resolução promovida pelo DAU/MEC a partir de 1977¹⁵ com o objetivo de introduzir alterações no currículo mínimo aprovado por Resolução de 16/11/62 do CFE. A fundamentação da proposta de resolução coincide com a de currículos no exterior e com a delimitação atual das funções de Químico e Engenheiro Químico.

2. OS CURRÍCULOS

Na Proposta de Resolução promovida pelo DAU/MEC¹⁵ está bem estabelecida a existência de três habilitações específicas: Licenciado, Químico e Bacharel. A profissão de Professor, exigindo a habilitação de Licenciado, está regulamentada pelo MEC com legislação específica. A profissão de Químico, que tem sua atuação na indústria, está definida

no Decreto nº 85.877 de 7/4/81 e regulamentada pelo Conselho Federal de Química. Pode ser que a legislação tenha dispositivos posteriores, mas não é o aspecto legal o que mais nos preocupa neste trabalho. A titulação de Bacharel parece estar dirigida à formação de pesquisadores e está ausente do Decreto nº 85.877 de 7/4/81, o que não impede que o Bacharel tenha também as habilitações e atribuições de Químico, se cursar as disciplinas tecnológicas correspondentes. Se o bacharelado dirige o aluno para a pesquisa, a opção por uma determinada área pode começar já na graduação, tal como consta no documento da referência 15. Nele se indica:

1. Uma formação básica comum às três titulações, de conteúdo mínimo fixado pelo CFE.
2. Uma formação profissional que se dirige a cada uma das diversas habilitações.
 - 2.1. Licenciado — formação pedagógica.
 - 2.2. Químico — formação tecnológica.
 - 2.3. Bacharel — formação dirigida à pesquisa e dividida em áreas de especialização das quais citamos aqui:
 - 2.2.1. Química Orgânica.
 - 2.2.2. Bioquímica.
 - 2.2.3. Química Analítica.
 - 2.2.4. Química Inorgânica.
 - 2.2.5. Físico-Química.

No documento 15 acima referido consta também uma área de formação profissional eclética para preparar bacharéis que poderiam optar mais tarde por uma ou outra área de pós-graduação. Em compensação não consta a área de Físico-Química. Além disso, há nesse documento especializações em Química Ambiental e em Geoquímica. A primeira, é mais uma atividade interdisciplinar que cobre áreas de conhecimento variadas, para poder ter o título de ambiental, saindo um pouco fora do âmbito da Química. A Geoquímica não é tão ampla na sua abrangência, mas a maioria dos trabalhos realizados nesse campo, podem ser feitos dentro de atividades de Química Inorgânica e, em casos específicos de Química Analítica, aplicadas ao estudo de minerais e sedimentos.

Não estamos interessados neste trabalho em considerar aspectos legais ou de planejamento de currículos futuros. Passaremos a levar em conta o conteúdo de um currículo básico com algumas considerações sobre especializações bem como a sequência das disciplinas nesse currículo.

Parece-nos que alterações de currículos mais ou menos arbitrárias ou mais ou menos fundamentadas não resolvem por si os problemas de ensino-aprendizagem. O que nos parece mais necessário é cuidar de que os programas tenham conteúdo suficiente e convergente além de uma sequência adequada para não prejudicar o rendimento de professores e alunos.

3. O CONTEÚDO E A SUA SEQUÊNCIA

Os cursos de Química no terceiro grau têm o seu currículo mínimo determinado por dispositivos legais do MEC e do CFE. Sobre estes currículos mínimos cada instituição

acrescenta o que, a seu critério, leva a uma formação adequada do aluno. Consultamos mais de uma dezena de currículos para estabelecer um conteúdo considerado apropriado por várias instituições. Procuramos eliminar, assim, fatores subjetivos sempre discutíveis e mesmo tendências de uma ou outra instituição.

Nosso objetivo é determinar o conteúdo e a sua sequência num currículo, minimizando problemas de ensino-aprendizagem. Escolhemos o currículo de Bacharelado eclético, citado na referência 15, para exemplificar.

Separamos o conteúdo em áreas e sub-áreas, quando necessário, dividindo cada uma delas em disciplinas.

É delineada cada disciplina para mostrar os limites e objetivos da mesma, o que leva a considerar cada disciplina como pré-requisito de outras e a levar em conta os pré-requisitos de cada disciplina.

Usamos como técnica para estabelecer a sequência das disciplinas a do PERT-CPM definido como método do caminho crítico¹⁶. Consideramos como evento nesse caminho crítico a oferta e seguimento pelo aluno de cada disciplina ao longo do tempo ocupado pelo curso. Elaboramos uma tabela de pré-requisitos necessários para cursar cada disciplina. Os critérios usados para considerar os pré-requisitos estão baseados na sequência natural dos conteúdos das diversas disciplinas do curso. Consideramos sequência natural a que dita o bom senso, pedindo para estudar, antes de cada disciplina de caráter mais elevado ou aprofundado, as disciplinas mais elementares que lhe servem de fundamento e procurando que o conteúdo destes seja suficiente em extensão e detalhamento.

Também consideramos sequência natural a de colocar antes as disciplinas em que se estudam e elaboram ferramentas (matemática, física) necessárias para outras disciplinas que devem naturalmente vir depois. Resulta claro que qualquer inversão compromete seriamente o preparo e o desempenho dos alunos.

A tabela de disciplinas e pré-requisitos leva a construção de uma tabela de níveis de anterioridade obrigatória em que cada disciplina ocupa um nível de anterioridade de acordo com o seu caráter de pré-requisito de outras disciplinas.

As relações de anterioridade das disciplinas dependem do seu conteúdo e dos objetivos do curso. Neste trabalho procuramos encarar os dois aspectos de forma objetiva. Definimos como objetivos de um curso de Bacharelado em Química: 1. Capacidade de raciocinar cientificamente da forma peculiar que se aplica em pesquisa científica. 2. O raciocínio científico se aplica sobre princípios e fatos descritos num conteúdo ou criados experimentalmente. Assim, o segundo objetivo será o de dispor de um conteúdo nutrido, coerente e convergente, com caráter fortemente atualizado. 3. Ao longo do estudo do conteúdo teórico, a formação de conceitos parece ser essencial ao bom desempenho do estudante e, mais tarde, do profissional, desde que esses conceitos apresentem os graus de abstração e complexidade adequados a um estudante do terceiro grau. 4. Nas atividades experimentais o aluno é levado, mais cedo ou mais tarde, a realizar pesquisa usando toda a fundamentação teórica e a capacidade de raciocínio desenvolvidos nas suas restantes atividades.

Resumindo, podemos apontar como essenciais o conteúdo suficiente, adequado e atualizado e o treinamento para execução de tarefas típicas de pesquisa. Ambos exigem do aluno um esforço intenso e formativo. Métodos e técnicas didáticos não deveriam ser usados para eliminar este esforço mas para torná-lo mais racional e produtivo. Parece bastante claro que qualquer trabalho produtivo não é necessariamente fácil e agradável. Pode ser que muitos problemas surgidos no ensino estejam ligados a uma tendência para tornar *excessivamente* agradáveis e suaves as tarefas de estudo e treinamento. Por intercâmbio diário com alunos típicos interessados no seu trabalho (e existem em muito maior número do que às vezes se pensa) pode-se dizer que eles aceitam e mesmo desejam tarefas e trabalhos árduos desde que o esforço imposto não seja arbitrário e que leve a objetivos claros, definidos e de utilidade comprovada e bem estabelecida. Uma percentagem bastante alta dos alunos procura aprendizagem autêntica e está disposta a empatar seu esforço para atingi-la.

O exposto acima influi no estabelecimento do conteúdo e da sua sequência independentemente da opinião pessoal de cada um. Os objetivos que acabamos de apontar constituem praticamente um consenso, por tratar-se de fatos comprovados no dia a dia do trabalho universitário.

4. ÁREAS DE CONHECIMENTO NO CURRÍCULO DE BACHARELADO EM QUÍMICA

Não estamos muito preocupados, neste trabalho, em estabelecer um elenco indiscutível de disciplinas. Procuramos apenas um conjunto razoável de disciplinas retirado da consulta a currículos de diversas instituições. Nosso interesse se centra em definir, em linhas gerais, o conteúdo de cada disciplina e os seus pré-requisitos, visando um melhor aproveitamento do aluno. São esses os pontos, a nosso ver, e de acordo com uma experiência variada e razoavelmente prolongada, os responsáveis principais pelo rendimento dos alunos. As áreas e sub-áreas que consideramos necessárias são:

ÁREA 1 – MATEMÁTICA

ÁREA 2 – FÍSICA

ÁREA 3 – CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

ÁREA 4 – GEOCIÊNCIAS

ÁREA 5 – QUÍMICA

5.1. QUÍMICA GERAL

5.2. QUÍMICA INORGÂNICA

5.3. QUÍMICA ANALÍTICA

5.4. FÍSICO-QUÍMICA

5.5. QUÍMICA ORGÂNICA

5.6. BIOQUÍMICA

ÁREA 6 – COMPLEMENTAR

Estas áreas e sub-áreas correspondem, quando adequadamente dosadas, a um curso de Bacharelado em Química, eclético, com o objetivo de dirigir à pesquisa os bacharéis formados. Por isso não foi considerada, por exemplo, uma área tecnológica. Nada impede a inclusão desta área tecnológica na forma de disciplinas que permitam ao bacharel

a opção de trabalhar na indústria. Escolhemos o objetivo da pesquisa, à qual vai se dedicar o bacharel, como modelo de elaboração de conteúdo e de sequência do conteúdo.

5. A TRANSIÇÃO ENTRE O SEGUNDO E O TERCEIRO GRAU

Ao longo do segundo grau é abordado um conteúdo que pode ser bastante rico e bem elaborado, o que realmente acontece para uma certa parcela dos alunos. Mas existe um certo número de alunos para os quais o conteúdo do segundo grau recebido no Colégio foi insuficiente e com enfoque inadequado. Infelizmente, o mecanismo do vestibular não tem acuidade suficiente para distinguir os dois tipos de alunos e eles chegam aos cursos universitários, coexistindo nas mesmas classes.

Além disso, a visão das disciplinas científicas, mesmo corretamente ministradas, é diferente no segundo e no terceiro graus, tornando-se necessária uma cuidadosa fase de transição entre ambos graus, nos períodos iniciais da universidade. Na ÁREA 5 – QUÍMICA, esta fase inicial está representada pela 5.1 – QUÍMICA GERAL. Deve constar de dois semestres com aulas teóricas e experimentais em cada semestre. O conteúdo deve abranger toda a Química que deveria ser estudada no Segundo grau; isto é abrangendo todas as sub-áreas (de 5.2 a 5.6). A Química Geral deveria: 1. Corrigir os conceitos inexatos que a obrigada simplificação do segundo grau leva a fazer; 2. Ampliar o estudado no segundo grau até dar uma visão correta, coerente e científica do conteúdo; 3. Introduzir o aluno em atividades experimentais simples mas significativas, dignas do terceiro grau, e orientadas para serem uma iniciação da experimentação em pesquisa. Por definição, as disciplinas de Química Geral devem ser pré-requisitos de todas as disciplinas das restantes sub-áreas da Química. A Química Geral deve conter os elementos de uma fundamentação teórica firme, suficiente e correta, além de uma descritiva bastante extensa, preparando o aluno para disciplinas específicas das diversas sub-áreas da Química (de 5.2 a 5.6), tanto no aspecto teórico como na parte experimental. Nas restantes áreas de conhecimento do currículo de Bacharelado em Química, a fase de transição pode estar incluída nas disciplinas respectivas e, de qualquer forma, é de atribuição dos departamentos que as ministram.

6. AS DISCIPLINAS DO BACHARELADO EM QUÍMICA

Sempre com a ressalva de ser um currículo extraído como média dos de algumas instituições e sem pretender apresentá-lo como modelo, podemos atribuir disciplinas a cada uma das áreas e sub-áreas já indicadas.

ÁREA 1 – MATEMÁTICA

1.1. Geometria Analítica e Álgebra Linear

1.2. Cálculo Diferencial e Integral I

1.3. Cálculo Diferencial e Integral II

1.4. Cálculo Diferencial e Integral III

ÁREA 2 – FÍSICA

- 2.1. Física I
- 2.2. Física Experimental I
- 2.3. Física II
- 2.4. Física Experimental II
- 2.5. Física Moderna

ÁREA 3 – CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

- 3.1. Biologia Geral

ÁREA 4 – GEOCIÊNCIAS

- 4.1. Mineralogia

ÁREA 5 – QUÍMICA**SUB-ÁREA 5.1. QUÍMICA GERAL**

- 5.1.1. Química Geral I
- 5.1.2. Química Geral Experimental I
- 5.1.3. Química Geral II
- 5.1.4. Química Geral Experimental II

SUB-ÁREA 5.2. QUÍMICA INORGÂNICA

- 5.2.1. Química Inorgânica Fundamental
- 5.2.2. Química Inorgânica Descritiva
- 5.2.3. Química Inorgânica Experimental I
- 5.2.4. Química de Coordenação
- 5.2.5. Química Inorgânica Experimental II

SUB-ÁREA 5.3. QUÍMICA ANALÍTICA

- 5.3.1. Química Analítica I
- 5.3.2. Química Analítica Experimental I
- 5.3.3. Química Analítica II
- 5.3.4. Química Analítica Experimental II
- 5.3.5. Química Analítica Instrumental

SUB-ÁREA 5.4. FÍSICO-QUÍMICA

- 5.4.1. Estrutura da Matéria
- 5.4.2. Físico-Química I
- 5.4.3. Físico-Química Experimental I
- 5.4.4. Físico-Química II
- 5.4.5. Físico-Química Experimental II

SUB-ÁREA 5.5. QUÍMICA ORGÂNICA

- 5.5.1. Química Orgânica Fundamental
- 5.5.2. Química Orgânica I
- 5.5.3. Química Orgânica Experimental I
- 5.5.4. Química Orgânica II
- 5.5.5. Química Orgânica Experimental II

SUB-ÁREA 5.6. BIOQUÍMICA

- 5.6.1. Introdução à Bioquímica
- 5.6.2. Bioquímica Geral

5.6.3. Bioquímica Experimental**ÁREA 6 – COMPLEMENTAR**

- 6.1. Português
- 6.2. Língua Estrangeira
- 6.3. Consulta Bibliográfica
- 6.4. Técnicas de Pesquisa I
- 6.5. Técnicas de Pesquisa II
- 6.6. Elaboração de Comunicações e Publicações
- 6.7. EPB I
- 6.8. EPB II
- 6.9. Práticas Esportivas

Consideramos quatro créditos para cada disciplina, com exceção das 6.3, 6.6, 6.7, 6.8 e 6.9 com dois créditos cada uma. As disciplinas 6.4 e 6.5, por seus aspectos teóricos e experimentais, têm cada uma delas, oito créditos. Valendo cada crédito quinze horas de carga horária total, o quadro acima de áreas, sub-áreas e disciplinas corresponde a

Disciplinas	47
Créditos.	186
Carga horária total.	2790 horas

No documento de referência 15 indicou-se como carga horária total, na época, 2880 horas, o que dá, em relação ao currículo que estamos considerando, um saldo de 90 horas equivalentes a 6 créditos que poderiam ser ultrapassados por duas disciplinas de 4 créditos para complementar alguma área de maior interesse do aluno. Assim o currículo considerado no nosso trabalho constituiria um bacharelado eclético com uma boa formação básica procurando sua especialização no mestrado. Um aumento no número de disciplinas não significa, necessariamente, um melhor preparo que pode ser, talvez, melhor conseguido com um maior aprofundamento e um melhor rendimento nas disciplinas indicadas.

Na referência 15 propõe-se uma carga horária de 3120 horas. Se usássemos esta carga horária total haveria uma margem de 330 horas correspondentes a 22 créditos equivalentes quase a 6 disciplinas de 4 créditos as que permitiriam uma especialização bastante objetiva do bacharel em uma das cinco sub-áreas da Química da 5.2 à 5.6. Não nos referimos ao aspecto de formação profissional em tecnologia, nem à formação pedagógica, pois estamos considerando e tomando como exemplo o bacharelado dirigido apenas à pesquisa. Esta especialização do bacharel dirigido apenas para a pesquisa, se institucionalizada, permitiria cumprir a sugestão do documento de referência 15, modificando apenas a lista de especializações. As possibilidades profissionais de um tal bacharel não ficariam diminuídas. O aluno interessado em duas opções, poderia fazer o bacharelado eclético, que também dirige à pesquisa, e mais uma habilitação pedagógica ou em tecnologia, deixando a especialização em pesquisa dependendo de uma definição posterior, conforme o assunto do seu mestrado. De qualquer forma, deveria ficar dependendo da iniciativa livre e pessoal do aluno a escolha dos seus objetivos finais ao fazer o curso de Química: Licenciatura, Bacharelado e/ou Química Industrial, como definidos anteriormente, podendo acumular mais de um objetivo.

7. O CONTEÚDO DAS DISCIPLINAS

Como hipótese de trabalho usamos a relação anterior de áreas e disciplinas para poder aplicar sobre ela o método PERT-CPM de caminho crítico. Estabelecemos um conteúdo tentativa para poder definir os pré-requisitos de cada disciplina.

Na área de Matemática, a disciplina 1.1, Geometria Analítica e Álgebra Linear, tem seu conteúdo definido pelo próprio título. A 1.2, Cálculo Diferencial e Integral I, refere-se a funções de uma variável. A disciplina 1.3, Cálculo Diferencial e Integral II, refere-se a funções de várias variáveis. A 1.4, Cálculo Diferencial e Integral III, refere-se a séries e equações diferenciais.

Na área de Física, a disciplina 2.1, Física I, refere-se a Mecânica e Calor. A disciplina 2.3, Física II, é referente a Óptica, Magnetismo e Eletricidade. As disciplinas 2.2 e 2.4, Física Experimental I e II, correspondem às atividades de laboratório de 2.1 e 2.3, Física I e Física II, respectivamente. A disciplina 2.5, Física Moderna, é definida pelo próprio título.

A área 3, de Ciências Biológicas, possui apenas uma disciplina, 3.1, Biologia Geral, contendo os conhecimentos necessários para dar significado, mais tarde, à sub-área de Bioquímica e a certos aspectos de Química Orgânica.

A área 4, de Geociências, conta com a disciplina 4.1, Mineralogia, necessária para complementar certos aspectos de Química Inorgânica.

A área 5, de Química, é considerada pelas suas sub-áreas. Em primeiro lugar a sub-área 5.1, Química Geral, deve abranger o panorama da Química em toda a sua extensão, na maior profundidade que for possível dentro de dois semestres. A ênfase deve ser a descritiva desenvolvida sobre os princípios fundamentais da Química. Nas disciplinas experimentais desta sub-área é necessária uma introdução, o mais curta possível, sobre técnicas de laboratório e segurança em laboratórios seguida de uma parte preponderante de experiências que exijam o desenvolvimento de técnicas experimentais de uma certa complexidade acompanhadas de um raciocínio científico e do uso de uma informação extensa e o mais minuciosa possível, dentro dos limites de tempo e nível das disciplinas. Do conteúdo das quatro disciplinas desta sub-área vai depender, em boa parte, o nível inicial e o rendimento do aluno ao cursar as disciplinas das outras sub-áreas.

As sub-áreas 5.2, 5.3, 5.4 e 5.5, Química Inorgânica, Química Analítica, Físico-Química e Química Orgânica, constam de cinco disciplinas cada uma delas. Os títulos de várias delas definem seus conteúdos. As Experimentais I e II podem corresponder à qualitativa e à quantitativa, respectivamente. A Analítica Instrumental corresponde a uma visão geral que pode ser ampliada mais tarde a nível de especialização em Analítica com as disciplinas optativas adequadas.

Na sub-área 5.4, Físico-Química, a disciplina 5.4.1, Estrutura da Matéria, compreende as teorias sobre o átomo, fundamentos de Química Quântica, a ligação química e espectroscopia, entre outros assuntos. A disciplina 5.4.2, Físico-Química I, corresponde a propriedades de gases,

líquidos, soluções, equilíbrio de fases e Termodinâmica. A disciplina 5.4.4, Físico-Química II corresponde a Eletroquímica, Físico-Química de superfícies e colóides, Cinética Química e Química Nuclear. As disciplinas 5.4.3 e 5.4.5 acompanham, respectivamente, as 5.4.2 e 5.4.4.

Na sub-área 5.6, Bioquímica, a Experimental acompanha a Bioquímica Geral.

Na área 6, Complementar, as disciplinas 6.3, 6.5 e 6.6, Técnicas de Pesquisa I e II e Elaboração de Comunicações e Publicações, respectivamente, procuram preparar o aluno para certas habilidades específicas do pesquisador que nem sempre tem oportunidade de desenvolver. As disciplinas 6.1, 6.2 e 6.3 seriam a fundamentação necessária para a 6.6, além de ser importantes para o estudo e a pesquisa.

8. LISTAGEM DOS PRÉ-REQUISITOS

Usando números de listagem arbitrários e os códigos das disciplinas, podemos colocar numa tabela os pré-requisitos exigidos para cada uma delas (Tabela 1). A partir desta tabela pode-se elaborar um grafo tentativa dos níveis de anterioridade das disciplinas (Figura 1).

Com base na Tabela 1 podemos aplicar o método PERT. Consideramos como *evento* a oferta e seguimento pelo aluno de cada *disciplina*, representada por um número arbitrário de listagem. Com os dados da tabela de pré-requisitos pode-se elaborar uma tabela de anterioridade obrigatória. Nesta tabela colocamos na linha horizontal superior, e numeradas de 01 a 38, as disciplinas das áreas fundamentais constantes da tabela de pré-requisitos e representadas no grafo tentativa como eventos (Tabela 2).

A matriz quadrada registra os números de listagem das disciplinas em duas linhas: a primeira fileira (horizontal) e a primeira coluna (vertical). A interseção de linhas mostra os pré-requisitos. Assim, a coluna 03 tem marcas na interseção com as fileiras horizontais 01 e 02, pois as disciplinas 01 e 02 são pré-requisitos da 03. Ao contrário, a fileira horizontal 01 tem marcas nas suas interseções com as colunas 03, 05 e 06, pois 01 é um pré-requisito destas disciplinas.

À direita da matriz quadrada que acabamos de descrever estão as colunas dos níveis de anterioridade obrigatória. A primeira coluna N_5 registra o número de vezes que cada disciplina é pré-requisito. As que tiverem zero nessa coluna N_5 podem ficar para o fim do currículo por não ser pré-requisito de nenhuma outra. Os seus números de listagem são anotados no pé da coluna N_5 e eliminados da coluna N_4 marcando-as com X.

A segunda coluna de níveis, a N_4 , registra o número de marcas de cada fileira horizontal, descontando as correspondentes a disciplinas eliminadas no nível N_5 . Daí em diante, procede-se da mesma forma até zerar todas as disciplinas na última coluna N_1 que corresponde ao primeiro nível de anterioridade obrigatória, formado por disciplinas que são os primeiros pré-requisitos obrigatórios do currículo. Assim, os níveis de anterioridade obrigatória serão os registrados na Tabela 3.

TABELA 1
Listagem das disciplinas e de seus pré-requisitos, com seus códigos

DISCIPLINAS		PRÉ-REQUISITOS	
Nº de Listagem	Código	Nº de Listagem	Código
01	1.1	—	—
02	1.2	—	—
03	1.3	01, 02	1.1, 1.2
04	1.4	03	1.3
05	2.1	01, 02	1.1, 1.2
06	2.2	01, 02	1.1, 1.2
07	2.3	03, 05, 06	1.3, 2.1, 2.2
08	2.4	03, 05, 06	1.3, 2.1, 2.2
09	2.5	07, 08	2.3, 2.4
10	3.1	14, 15	5.1.3, 5.1.4
11	4.1.	17, 18	5.2.2, 5.2.3
12	5.1.1	—	—
13	5.1.2	—	—
14	5.1.3	12, 13	5.1.1, 5.1.2
15	5.1.4	12, 13	5.1.1, 5.1.2
16	5.2.1	03, 14, 15	1.3 5.1.3, 5.1.4
17	5.2.2	16	5.2.1
18	5.2.3	16	5.2.1
19	5.2.4	17, 18	5.2.2, 5.2.3
20	5.2.5	17, 18	5.2.2, 5.2.3
21	5.3.1	14, 15	5.1.3, 5.1.4
22	5.3.2	14, 15	5.1.3, 5.1.4
23	5.3.3	21, 22	5.3.1, 5.3.2
24	5.3.4	21, 22	5.3.1, 5.3.2
25	5.3.5	23, 24, 26, 27	5.3.3, 5.3.4, 5.4.1, 5.4.2
26	5.4.1	04, 16	1.4, 5.2.1
27	5.4.2	04, 16	1.4, 5.2.1
28	5.4.3	04, 16	1.4, 5.2.1
29	5.4.4	04, 09	1.4, 2.5
30	5.4.5	04, 09	1.4, 2.5
31	5.5.1	14, 15	5.1.3, 5.1.4
32	5.5.2	31	5.5.1
33	5.5.3	31	5.5.1
34	5.5.4	32, 33	5.5.2, 5.5.3
35	5.5.5	32, 33	5.5.2, 5.5.3
36	5.6.1	10, 31	3.1, 5.5.1
37	5.6.2	36	5.6.1
38	5.6.3	36	5.6.1

FIGURA 1

Grafo tentativa mostrando as relações de pré-requisitos entre as disciplinas fundamentais do currículo de Química

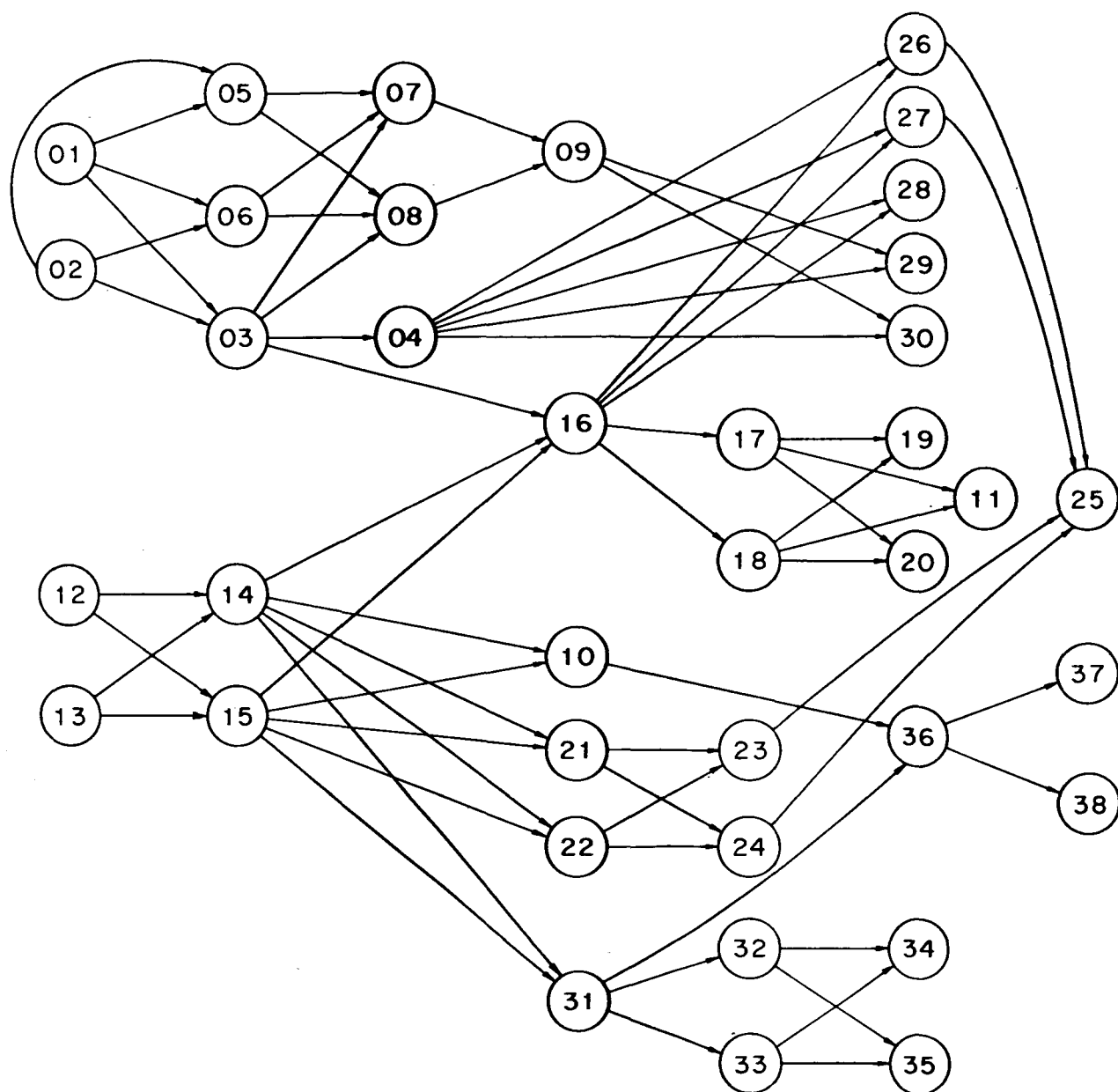


Tabela de anterioridade obrigatória com a listagem das disciplinas na primeira linha horizontal e seus pré-requisitos marcados nas colunas correspondentes. No ângulo inferior direito, os níveis de anterioridade obrigatória das disciplinas, a começar pelo nível N_1 .

QUÍMICA NOVA/OUTUBRO 85

TABELA 3

Níveis de anterioridade obrigatória

N ₁	N ₂	N ₃	N ₄	N ₅
01	03	04	09	11
02	05	07	17	19
12	06	08	18	20
13	14	10	23	25
	15	16	24	28
		21	26	29
		22	27	30
		31	32	34
			33	35
			36	37
				38

Sendo os eventos, disciplinas de um currículo, a sua distribuição deve ser mais uniforme, abrangendo não cinco níveis, mas 8 semestres em que cada um deles é um nível de anterioridade.

Como dissemos, na tabela original obtida, N₁ está formado pelas disciplinas que constituem os primeiros pré-requisitos do curso, pois a ordenação é por níveis de anterioridade obrigatória. Mas há disciplinas que podem recuar na sua anterioridade, se não houver problemas com seus pré-requisitos. Os dois últimos níveis, N₅ e N₆, deverão ser divididos em quatro, cuidando de respeitar pré-requisitos e afinidades. Temos assim, na Tabela 4, a distribuição definitiva, usando ainda números de listagem para representar as disciplinas.

A partir da Tabela 4 podemos elaborar o grafo definitivo de níveis de anterioridade, tal como aparece na Figura 2.

TABELA 4

Níveis de anterioridade por semestres

1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	8º
01	03	04	09	23	11	19	37
02	05	07	10	24	25	20	38
12	06	08	17	27	29	36	
13	14	16	18	28	30		
	15	21	26	32	34		
		22	31	33	25		

A distribuição de disciplinas, usando códigos, toma a forma da Tabela 5, em que foram incluídas disciplinas da área complementar e as optativas A e B, de quatro créditos cada uma, colocadas nos dois últimos semestres.

Além das disciplinas da Tabela 5, devem ser incluídas no currículo a 6.7, EPB I e 6.8, EPB II preferindo os semestres primeiro e último por ter menor carga horária. A disciplina 6.9, Práticas Esportivas, também deve ser incluída por ser obrigatória, sendo, possivelmente, mais adequado colocá-la num semestre intermediário. Dessa forma o número de disciplinas sobe para 49 e o de créditos para 194, elevando a carga horária total do currículo para 2910 horas, um pouco superior à considerada em vigor pelo documento de referência 15, na data em que foi emitido.

No mesmo documento de referência 15 propõe-se uma carga horária total de 3120 horas. Esta carga supera a anterior em 210 horas correspondentes a 14 créditos que podem ser superados por mais quatro disciplinas de quatro créditos cada uma e que designamos pelas letras C, D, E e F nas tabelas 6 e 7. As disciplinas optativas A, B, C, D, E e F podem constituir a especialização elevando a carga horária total do currículo a 3150 horas.

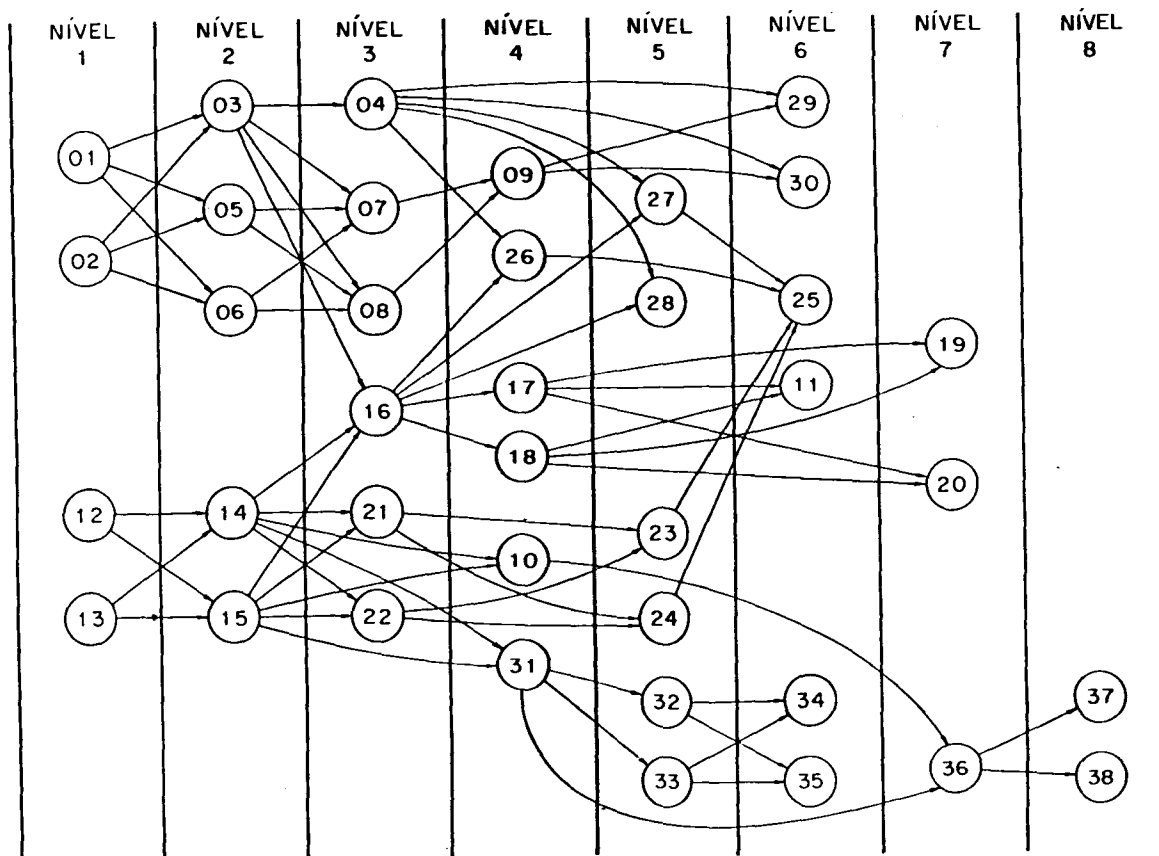
TABELA 5

Distribuição das disciplinas por semestres

Semestres	1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	8º	
	1.1 1.2 5.1.1 5.1.2 6.1	1.3 2.1 2.2 5.1.3 5.1.4 6.2	1.4 2.3 2.4 5.2.1 5.3.1 5.3.2 6.3	2.5 3.1 5.2.2 5.2.3 5.2.3 5.5.1	5.3.3 5.3.4 5.4.2 5.4.3 5.5.2 5.5.3	4.1 4.3.5 5.4.4 5.4.5 5.5.4 5.5.5	5.2.4 5.2.5 5.6.1 6.4 A	5.6.2 5.6.3 6.5 6.6 B	
Discip.	5	6	7	6	6	6	5	5	46
Créditos Semestre	20	24	26	24	24	24	24	22	188

FIGURA 2

Grafo definitivo mostrando as mesmas relações que na Figura 1, entre as disciplinas fundamentais, e a sua distribuição de anterioridade ao longo dos oito semestres do curso



Na Tabela 7 observa-se o cumprimento dos critérios estabelecidos no início do trabalho:

1. As disciplinas da área de Matemática têm sequência de acordo com o conteúdo, agrupando-se nos três primeiros semestres por ser pré-requisitos de disciplinas posteriores.
2. O agrupamento das disciplinas da área de Física segue a mesma linha, esperando iniciar-se no segundo semestre para ter cursado um semestre com duas disciplinas de Matemática.
3. As disciplinas experimentais da área de Física acompanham as correspondentes teóricas, acontecendo igual com as de todas as sub-áreas de Química.
4. A sub-área de Química Geral está colocada nos dois primeiros semestres servindo de pré-requisito das restantes sub-áreas da Química.
5. Português e Língua Estrangeira são colocadas no primeiro e segundo semestre por ser convenientes ao aluno no início do curso e por ser semestres em que a carga horária é menor.
6. Química Inorgânica Fundamental, Química Inorgânica Descritiva e Química Inorgânica Experimental I formam um bloco com continuidade e agrupamento adequados deixando a Química de Coordenação para um

semestre mais avançado em que o aluno já acumulou mais recursos para um melhor desenvolvimento. Estes recursos correspondem a uma maior carga de Físico-Química, uma maior relação com Química Orgânica e a disciplina Química Analítica Instrumental.

7. Química Orgânica Fundamental, Química Orgânica I e II e Química Orgânica Experimental I e II formam um único bloco acontecendo o mesmo com as disciplinas de Bioquímica, depois das 5 de Orgânica.
8. O intervalo de um semestre entre a Química Analítica I e II, pode ser conveniente para o aluno cursar Química Inorgânica Descritiva e Química Orgânica Fundamental antes da Química Analítica II. Se isto for considerado um inconveniente, podem ser trocadas as duas disciplinas de Química Analítica II pela Física Moderna e a Biologia Geral, sem alterar os pré-requisitos. Em caso de considerar-se mais necessário o recuo das disciplinas de Físico-Química poderá ser feita a troca com Física Moderna e Biologia colocando estas duas no 5º semestre o que não prejudica o sistema de pré-requisitos.
9. Na área complementar, a disciplina Consulta Bibliográfica teria como pré-requisito o Português e a Língua Estrangeira, e Comunicações e Publicações.

TABELA 6
Créditos e carga horária total do currículo

Semestres	1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	8º	Total
Créditos (Tabela 5)	20	24	26	24	24	24	24	22	188
Créditos adicionadis	2	0	0	2	4	4	4	6	22
Total de créditos	22	24	26	26	28	28	28	28	210
Disciplinas adicionadas (códigos)	6.7	—	—	6.9	C	D	E	F 6.8	7

TABELA 7
Distribuição final das disciplinas por semestres, incluindo as disciplinas de especialização

Semestre	1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	8º
	Geometria Analít. Álgebra Linear	Cálculo Diferencial Integral II	Cálculo Diferencial Integral II	Física Moderna	Química Analítica II	Mineralogia	Química de Coordenação	Bioquímica Geral
	Cálculo Diferencial Integral I	Física I	Física II	Biologia Geral	Química Analítica Experim. II	Química Analítica Instrumental	Química Inorgânica Experim. II	Bioquímica Experiment
	Química Geral I	Física Experim. I	Física Experim. II	Química Inorgânica Descritiva	Físico-Química I	Físico-Química II	Introdução à Bioquímica	Técnicas de Pesquisa II
	Química Geral Experim. I	Química Geral II	Química Inorgânica Fundamental	Química Inorgânica Experim. I	Físico-Química Experim. I	Físico-Química Experim. II	Técnicas de Pesquisa I	Comunicações e Publicações
	Português	Química Geral Experim. II	Química Analítica I	Estrutura da Matéria	Química Orgânica I	Química Orgânica II	A	EPB II
	EPB I	Língua Estrangeira	Química Analítica Experim. I	Química Orgânica Fundamental	Química Orgânica Experim. I	Química Orgânica Experim. II	E	B
			Consulta Bibliográfica	Práticas Esportivas	C	D		F
Disciplinas	6	6	7	7	7	7	6	7
Créditos	22	24	26	26	28	28	28	28

10. Para uma carga horária total igual ou superior a 3.120 horas, as disciplinas optativas poderão ser distribuídas nos quatro últimos semestres de acordo com os pré-requisitos necessários a cada uma delas.
11. No currículo da tabela são colocadas EPB I e II e Práticas Esportivas no 1º e 8º e no 4º semestres apenas a título de sugestão, mas o critério para EPB foi o de dar ao aluno duas visões do EPB e de seu conteúdo, uma inicial e outra final no curso.
12. Pode-se observar que há possibilidade de pequenas alterações para atender exigências legais ou de outro tipo.

9. CONCLUSÕES

Procuramos mostrar a necessidade de estabelecer critérios para os pré-requisitos de forma que esses critérios sejam respeitados durante o processo de elaboração de um currículo. Uma boa forma de consegui-lo é aplicar o método PERT-CPM usado frequentemente em engenharia, através do qual as disciplinas podem ser colocadas numa ordem de anterioridade obrigatória decorrente dos pré-requisitos estabelecidos inicialmente.

São necessários pequenos ajustes nesta ordem, estabelecida pelo método PERT, que devem obedecer a critérios de eficiência do currículo e de aproveitamento dos alunos.

O processo elimina posições subjetivas que se complicam com a existência de múltiplos inter-relacionamentos entre disciplinas.

A ordem das disciplinas no currículo e os pré-requisitos que a geraram, dependem dos objetivos claros estabelecidos para cada disciplina e para o curso em conjunto. Estes objetivos são decorrentes do conteúdo e das habilidades a serem adquiridos pelo aluno e se baseiam em boa capacidade de raciocínio científico, uma nutrida informação extensa e profunda em todas as áreas do curso e habilidades de experimentação, pesquisa e comunicação. Será necessário usar recursos didáticos adequados, ligados à atuação do docente, sem se esquecer que devem ser apenas meios para a aquisição de conteúdo e desenvolvimento de raciocínio e habilidade.

O método PERT-CPM para elaboração de currículos é usado de vez em quando em cursos de engenharia. O uso que dele fazemos neste trabalho está fundamentado nas referências 11, 12 e 16 e foi desenvolvido para condições específicas do nosso meio.

A razão do seu uso é a sua eficiência comprovada em tecnologia. A elaboração de um currículo e a sua eficiência não deixa de ser uma atividade tecnológica que visa à obtenção de um bom produto acabado que é o nosso formando. Usamos o termo "produto acabado" sem conotação pejorativa nem implicações de outro tipo, pois a eficiência de um profissional é uma condição indispensável aos objetivos do curso que o formou.

O currículo final (Tabela 7) e o grafo definitivo (Figura 2) mostram um relacionamento intenso entre disciplinas. Isto leva a uma salutar rigidez do curso que não permita o desvirtuamento, através de matrícula indiscriminada, dos objetivos estabelecidos para o mesmo. Esta rigidez deveria ser complementada com limitação do número de créditos por semestre, outra condição para conseguir melhorar a

eficiência do aluno. O número máximo de créditos de aulas típicas é de 28. Supondo apenas uma hora de trabalho individual para cada hora-aula assistida, o aluno teria 56 horas de trabalho por semana, beirando as dez horas diárias, inclusive sábados. Uma carga superior a essa não poderia ser suportada com eficiência por períodos prolongados. Por outro lado, menos do que uma hora de trabalho individual por hora de aula assistida, não leva ao esforço pessoal necessário para adquirir eficiência e apromorar-se profissionalmente.

As observações anteriores resultam óbvias, mas pode ser que encerrem a solução a problemas criados quando, inadvertidamente, não são levadas em consideração. Com certeza, haverá outros aspectos óbvios que nos escapem e que para o leitor resultem claros, por ter sobre eles uma vivência específica.

REFERÊNCIAS

- ¹ S. Folgueras e M.C. Cota; Micro-ensino no treinamento de alunos de Licenciatura em Química, Ciência e Cultura, **35**, 5 (1983) 632-635.
- ² CRUTAC (Centro Rural Universitário de Treinamento e Ação Comunitária), Relatório final de atividades, ano 1974, pags. 8-9 e 22-30. Universidade Federal de São Carlos.
- ³ S. Folgueras-Domínguez; Elaboração de uma sistemática para o ensino experimental da Química, Universidade Federal de São Carlos, 1973.
- ⁴ S. Folgueras-Domínguez; Treinamento do aluno do terceiro grau para melhorar seu desempenho escolar, Resumo da 2ª Jornada Científica da Universidade Federal de São Carlos, 1982, pág. 69.
- ⁵ Educational Services Incorporated; Introdução à Física, Edart, São Paulo, 1969.
- ⁶ Chemical Bond Approach: Química, USAID, Rio de Janeiro, 1964 a 1965.
- ⁷ Chemical Education Material Study; Química, uma ciência experimental, Edart, São Paulo, 1967 a 1969.
- ⁸ IBCEC; Iniciação à Ciência, Ministério de Educação e Cultura, 1963 a 1964; Edart, São Paulo, 1967 em diante.
- ⁹ S. Folgueras-Domínguez; Manual de Laboratório para o programa Fundamentos da Ciência, CECIMIG, Belo Horizonte, 1967.
- ¹⁰ S. Folgueras-Domínguez; Química Atualizada I e II, Escola Federal de Engenharia de Itajubá, 1968 a 1969.
- ¹¹ J.J. Trujillo del Rio, R. Cassillas Vargas and T.E. Taylor; Academic Program Planning by a Network Analysis, Journal of Chemical Education, **47**, 8 (1970) 548-552.
- ¹² S. Folgueras-Domínguez; As Experiências em Química, Edart, São Paulo, 1975.
- ¹³ OECD; New Thinking in School Chemistry, OECD Publications, Paris, 1963.
- ¹⁴ OECD; School Chemistry, Trends in Reform, OECD Publications, Paris, 1964.
- ¹⁵ DAU/MEC; Proposta de Resolução sobre Mínimos de Conteúdo e de Duração do Curso de Química (Comissão criada pela Portaria nº 13/DAU-MEC/78 de 9/03/78).
- ¹⁶ L.B. Stanger; PERT-CPM, Técnica de Planejamento e Controle, Ao Livro Técnico, Rio de Janeiro, 1968.