

Artigo

Experimentos em Química do Solo: Uma Abordagem Interdisciplinar no Ensino Superior

Nunes, R. R.; Benetti, F.; Pigatin, L. B. F.; Martelli, L. F. A.; Rezende, M. O. O.

Rev. Virtual Quim., 2014, 6 (2), 478-493. Data de publicação na Web: 2 de fevereiro de 2014

<http://www.uff.br/rvq>

Experiments in Soil Chemistry: an Interdisciplinary Approach in Undergraduate Courses

Abstract: An interdisciplinary teaching activity is presented, addressing the concepts of the large areas of chemistry to characterize samples of a sediment by spectroscopic techniques, as a way to promote meaningful learning. In order to ascertain students' views about teaching chemistry and its interdisciplinary, two questionnaires were applied using the Survey method: one at the beginning and another one at the end of the practical period. The proposed activity allowed the articulation of the theoretical knowledge previously acquired in the disciplines separately constructed, in a broad environment in which the concepts covered were observed, analyzed and understood as connected facts.

Keywords: Chemistry teaching; Sediment analysis; Interdisciplinarity on chemistry.

Resumo

Uma atividade interdisciplinar é apresentada como uma forma de promover a aprendizagem significativa. Os conceitos das grandes áreas da química são abordados em um experimento com foco na caracterização de amostras de sedimentos por meio de técnicas espectroscópicas (UV-Vis e fluorescência). A fim de averiguar a visão dos alunos sobre o ensino de química e sua interdisciplinaridade, dois questionários foram aplicados (método *Survey*): um no início e outro ao final da atividade prática. O experimento permitiu a articulação dos conhecimentos teóricos anteriormente adquiridos nas disciplinas (já construídos, em contextos separados) em um ambiente amplo no qual os conceitos abordados foram observados, analisados e entendidos como fatos conectados.

Palavras-chave: Ensino de química; análise de sedimentos; interdisciplinaridade em química.

* Universidade de São Paulo, Instituto de Química de São Carlos (USP-IQSC). Av. Trabalhador São-carlense, 400, CEP 13566-590, Caixa Postal 780, CEP 13560-970, São Carlos-SP, Brasil.

✉ rachide@iqsc.usp.br

DOI: [10.5935/1984-6835.20140033](https://doi.org/10.5935/1984-6835.20140033)

Experimentos em Química do Solo: Uma Abordagem Interdisciplinar no Ensino Superior

Ramom R. Nunes,* Fernanda Benetti, Lívia B. F. Pigatin, Lílian F. A. Martelli, Maria Olímpia O. Rezende

Universidade de São Paulo, Instituto de Química de São Carlos (USP-IQSC). Av. Trabalhador São-carlense, 400, CEP 13566-590, Caixa Postal 780, CEP 13560-970, São Carlos-SP, Brasil.

* rachide@iqsc.usp.br

Recebido em 22 de setembro de 2013. Aceito para publicação em 4 de janeiro de 2014

1. Introdução

2. Parte Experimental

2.1. Equipamentos

2.2. Recurso solo: Propriedades e Usos

2.3. Metodologia

3. Resultados e Discussão

3.1. Caracterização dos sedimentos

3.2. Espectroscopia na região do infravermelho (FTIR)

3.3. Determinação do grau de humificação

3.4. Identificação das amostras de sedimentos desconhecidas

3.5. Estudo da interdisciplinaridade no ensino de química

4. Conclusões

1. Introdução

A relação do ser humano com o meio ambiente nas sociedades modernas ocorre a partir da concepção da natureza como dádiva: a natureza é provedora e encontra-se disponível para usufruto da humanidade. Em uma perspectiva histórica, a relação com o meio ambiente, baseada nessa concepção, promoveu a degradação dos recursos naturais em uma escala suportável, até o advento da Revolução Industrial, que introduziu um modelo de produção baseado

no uso intensivo de energia fóssil, na super-exploração dos recursos naturais e no uso do ar, água e solo como depósito de rejeitos.¹

Entre os recursos naturais se destacam os solos. O solo é a camada superficial constituída de partículas minerais e orgânicas, distribuídas em horizontes de profundidade variável, resultante da ação conjunta de agentes intempéricos sobre as rochas e a adaptação destas às condições de equilíbrio do meio em que se encontram expostas. Os solos encontram-se mediados entre a litosfera ou hidrosfera com a atmosfera, sendo parte fundamental na

construção da biosfera e, também, sofrendo alterações pela ação antrópica.²⁻⁴

O solo tem importância fundamental nos ciclos da natureza, participando da maioria das atividades que ocorrem no planeta. Além de ser o principal substrato para a agricultura, o solo também é suporte para estradas e para construções civis, sendo muitas vezes utilizado indevidamente como depósito de resíduos.³ Devido a isso, no tocante ao ensino de química, o solo seria uma boa amostra a se analisar, uma vez que faz parte do cotidiano e vida dos estudantes.

Neste trabalho, aplicou-se uma atividade didática a fim de caracterizar amostras de sedimentos presentes em uma paisagem de degradação ambiental, isolando a matéria orgânica, os ácidos húmicos e, por meio de técnicas espectroscópicas, determinou-se seu grau de humificação. Buscou-se desenvolver esta atividade didática de forma interdisciplinar, abordando os conceitos das grandes áreas da química no decorrer da prática.

Segundo Pombo (2005), a interdisciplinaridade é uma tentativa de romper o caráter estreito e sem abertura das disciplinas. Essa tentativa pode-se fazer em diferentes níveis e graus. O primeiro se dá ao nível da justaposição, do paralelismo, em que as várias disciplinas se encontram simplesmente ao lado umas das outras, se tocam mas que não se interagem. Em um segundo nível, as disciplinas comunicam-se umas com as outras, confrontam e discutem as suas perspectivas, estabelecem entre si uma interação mais ou menos forte. Em um terceiro nível, elas ultrapassam as barreiras que as afastavam, fundem-se e transcendem.⁵

Entre alguma coisa que é de menos – a simples justaposição – e aquilo que é de mais – a fusão de conteúdos – a interdisciplinaridade designaria o espaço intermediário, a posição intercalar. O sufixo *inter* estaria lá justamente para apontar essa situação. A proposta é tão simples como isto: partir da compreensão dos diferentes prefixos da palavra disciplinaridade, do que

eles têm para nos ensinar, das indicações que transportam consigo, na sua etimologia.⁵

Atualmente a interdisciplinaridade é o lugar em que se pensa a condição fragmentada das ciências e, simultaneamente, se exprime a nossa nostalgia de um saber unificado.⁵ Os fenômenos científicos são, por natureza, complexos e sem recortes definidos sendo, portanto, importante que sejam estudados de forma conjunta. Para se encarar esse desafio os temas podem ser tratados por diferentes disciplinas, mas com um olhar multidisciplinar. Nesse modelo não ocorrem quebras entre as disciplinas e se formam os eixos integradores de ensino.⁶

A interdisciplinaridade no ensino de química torna-se bastante importante principalmente pelo aspecto da formação do aluno enquanto futuro profissional e cidadão contextualizado em temáticas, por exemplo, relacionadas ao ambiente. É de suma importância que abordagens do cotidiano sejam trazidas à vivência em sala de aula, de modo a despertar nos alunos correlações, comparações e promover o aprendizado significativo.⁶

Ferreira (2012) diz que a interdisciplinaridade é desejável, mas o modelo não pode ser imposto. No campo das ciências, este é um conceito amplo e complexo de construção do conhecimento, que deve ultrapassar a disciplina isolada.⁶ Se tratando da graduação em química, as disciplinas se dividem naquelas fundamentais e obrigatórias, encontradas em quaisquer proposta curricular, são as grandes áreas: química geral, analítica, inorgânica, orgânica, bioquímica e físico-química. Além destas disciplinas, existem aquelas que permeiam estas áreas do saber em química e, neste trabalho, são chamadas de subáreas da química, por exemplo: química de polímeros, química do solo, química da madeira, métodos espectroscópicos de análise, cromatografia, entre várias outras.

Assim, o presente trabalho teve como objetivo estudar o solo como objeto promotor da interdisciplinaridade em

química. Aos alunos de um curso de graduação em química foi proposta uma atividade prática/didática com foco na análise e caracterização de sedimentos por meio de métodos espectroscópicas, abordando a interdisciplinaridade como promotora da aprendizagem significativa.

2. Parte Experimental

2.1. Equipamentos

Para realização do estudo espectroscópico, foram utilizados os seguintes equipamentos:

- Espectroscopia de fluorescência (EF): espectrofluorímetro Hitachi F-4500;
- Espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier (FTIR): espectrofotômetro Bomem MB-102
- Espectroscopia de ultravioleta visível (UV-Vis): espectrofotômetro Jasco V 630.

2.2. Recurso solo: Propriedades e Usos

A atividade prática foi proposta aos estudantes da disciplina 'SQM0443 - Recurso Solo: Propriedades e Usos', oferecida aos alunos do 4º ano do curso de bacharelado em química da Universidade de São Paulo (USP) – Instituto de Química de São Carlos (IQSC).

A disciplina é semestral e possui carga horária de 4 aulas semanais (50 min), divididas em 2 aulas/dia. No primeiro dia abordaram-se conteúdos teóricos e expositivos e, no segundo dia, focou-se na discussão em sala de aula ou laboratório, por meio da leitura de textos, artigos, entre outras atividades.

Para realização da atividade proposta foram utilizadas 12 aulas. Anteriormente os alunos participaram seguintes aulas teóricas:

- O solo: conceitos e definição - *Estendendo o solo e seu contexto histórico*;
- Por que estudar solos? - *Discussão sobre a importância do estudo dos solos*;
- Composição e formação dos solos - *Visão geral sobre sua composição e gênese*;
- Fase sólida do solo (fração inorgânica) - *Estudo da composição mineral (foco para química inorgânica)*;
- Fase sólida do solo (fração orgânica: matéria orgânica e substâncias húmicas) - *Conceito e classificação da matéria orgânica, humificação, grau de humificação (foco para química orgânica)*
- Fase líquida do solo - *Conceito e composição da solução do solo (foco para química analítica)*
- Fase gasosa do solo - *Conceito e composição da atmosfera do solo (foco para química analítica, bioquímica/microbiologia e físico-química)*
- Microbiologia do solo - *Reações e fenômenos microbiológicos que ocorrem no solo (foco para bioquímica)*

Para realização da atividade proposta os alunos participaram das seguintes aulas práticas:

- Métodos químicos de análise de solos e sedimentos - *Determinação da composição e parâmetros de fertilidade do solo*
- Humificação - *Conceito, reações e mecanismos.*
- Métodos espectroscópicos para a análise de compostos orgânicos- *Revisão dos conceitos espectroscópicos e aplicação na determinação do grau de humificação da matéria orgânica*

As práticas foram desenvolvidas no Laboratório de Química Ambiental (LQA), da Universidade de São Paulo. As análises

espectroscópicas foram realizadas na Central de Análises Químicas (CAQI) - IQSC-USP.

2.3. Metodologia

Prática de ensino: caracterização e análises dos sedimentos

Para realização das atividades, os 15 alunos foram divididos em três grupos. Cada grupo recebeu uma amostra de sedimento desconhecida, rotulada apenas pelas letras A, B e C. Abordando a temática ambiental, cada amostra era referente a um uso dado ao solo em três regiões distintas, porém confluentes, duas destas eram locais de visível degradação ambiental (áreas destinadas ao uso agrícola ou pecuário) e outra de referência (área de preservação ambiental).

Os sedimentos foram caracterizados para posterior identificação das amostras desconhecidas. Foram realizadas análises para determinação dos teores de matéria orgânica (MO), carbono orgânico total (TOC) e seus ácidos húmicos (AH). Os ácidos húmicos foram extraídos e purificados e, em seguida, submetidos a um estudo espectroscópico por FTIR, UV-Vis e EF. Ao final das práticas, os alunos apresentaram um relatório com os resultados e discussão dos dados. Os dados obtidos pelos grupos foram compartilhados com os demais. Assim, cada grupo pode inferir e classificar sua amostra e a dos demais grupos.

Análise dos sedimentos

As amostras de sedimento foram coletadas em corpos d'água lânticos distribuídos em três ambientes distintos ao longo de um gradiente de degradação ambiental. A região onde foram realizadas as amostragem pertence ao entorno da cidade de Luís Antônio, estado de São Paulo (SP), Brasil. As amostras foram nomeadas em função do uso dado à terra:

- Área Agrícola: ambiente de cultivo

extensivo e latifundiário de cana-de-açúcar além de outras culturas rotativas de menor importância econômica;

- Área Pecuária: ambiente de pastagem para o gado de corte e leiteiro. Região localizada na confluência com o perímetro urbano adjacente;

- Área de Preservação Ambiental: ambiente de referência com reduzida ação antrópica, coberto por cerradão, mata estacional semi-decídua, localizado na Estação Ecológica e Experimental de Jataí.

As amostras coletadas foram secas em estufa a $(105,0 \pm 5,0)^\circ\text{C}$ por 48 horas, maceradas até homogeneidade e peneiradas a 2 mm.

Para determinação dos teores de matéria orgânica e de carbono orgânico total utilizaram-se as metodologias propostas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA).⁷

Para extração e purificação dos ácidos húmicos seguiu-se a metodologia sugerida pela Sociedade Internacional de Substâncias Húmicas (IHSS). Este método se baseia na diferença de solubilidade das substâncias húmicas em solução aquosa com pH controlado.⁸ Estas análises foram realizadas em triplicata para análise estatística (média, desvio padrão e teste *t de Student*).

Os experimentos de FTIR foram realizados para obtenção de informações sobre a composição dos grupos funcionais presentes na estrutura dos ácidos húmicos. As análises espectroscópicas na região do visível e de fluorescência indicaram o grau de humificação dos sedimentos analisados. Por meio da espectroscopia de fluorescência foram analisadas duas metodologias distintas, os métodos proposto por Milori et al. (2002)⁹ e Kalbitz et al. (1999)¹⁰. Para realização dos experimentos utilizaram-se os seguintes procedimentos:

- a) Espectroscopia na região do infravermelho (FTIR): Os espectros dos ácidos

húmicos na região do infravermelho foram obtidos utilizando pastilhas de KBr (Spectrum, EUA), com resolução de 4 cm^{-1} e 32 acumulações. Foram utilizadas aproximadamente 3,0 mg de amostra e 97,0 mg de KBr. As análises foram realizadas no intervalo entre os números de onda 4000 e 400 cm^{-1} .

b) Determinação do grau de humificação: O grau de humificação foi determinado a partir de soluções de ácido húmico em bicarbonato de sódio, NaHCO_3 (Synth, China). As soluções foram preparadas diluindo 2 mg da amostra em 10 mL da solução de NaHCO_3 $0,05\text{ mol L}^{-1}$ e com pH 8. Em seguida, a solução foi diluída para 20 mg L^{-1} para realização das análises. Os métodos utilizados na determinação do grau de humificação foram:

b - 1) Método UV-Vis: Os espectros de absorção de radiação ultravioleta-visível foram adquiridos no intervalo entre 200 e 800 nm. O grau de humificação, segundo este método, foi determinado pela razão entre as absorbâncias referentes aos comprimentos de onda em 465 e 665 nm.¹¹

b - 2) Método Milori: Os espectros de fluorescência foram obtidos por emissão com excitação em 465 nm em um intervalo de varredura entre 480 e 700 nm e filtro aberto. A determinação do grau de humificação foi baseada na integração da área do espectro referente a este intervalo.⁹

b - 3) Método Kalbitz: Os espectros de fluorescência foram obtidos no modo sincronizado no intervalo entre 300 e 520 nm simultaneamente, com filtro aberto e diferença de comprimento de onda ($\Delta\lambda$) igual a 55 nm. O grau de humificação foi calculado a partir da razão entre as intensidades da fluorescência em 399 e 465 nm.¹⁰

Estudo da interdisciplinaridade a partir da prática

A partir da atividade prática, buscou-se associar os procedimentos utilizados em cada análise aos conhecimentos adquiridos nas disciplinas das grandes áreas da química: analítica, orgânica, inorgânica, físico-química e bioquímica. A fim de verificar a visão dos alunos acerca do ensino de química e sua interdisciplinaridade, a utilidade e êxito da atividade prática e a construção do conhecimento referente à prática como promotora da aprendizagem significativa, foram aplicados questionários utilizando o *método Survey*. Foram aplicados dois questionários, um no início e outro ao findar a atividade prática.

Todos os alunos responderam voluntariamente aos formulários, os quais foram entregues em sala no final da aula (30 minutos para resposta das questões). As questões foram formuladas pela professora responsável pela disciplina e seus estagiários.

As principais questões levantadas no início do curso foram:

a) Como foram trabalhados os conteúdos das grandes áreas da química ao longo da graduação em química? Separados (cada área dentro de sua disciplina específica) ou de forma interdisciplinar (com relações entre estas em alguma disciplina específica)?

b) Você já vivenciou alguma experiência interdisciplinar dentro da graduação em química? Se sim, o curso era de alguma grande área da química ou de alguma subárea?

As principais questões levantadas no final da atividade prática foram:

c) O curso 'Recurso Solo: Propriedades e Usos' propiciou a interdisciplinaridade do ensino de química? Se sim, de que maneira?

d) A atividade prática desenvolvida auxiliou na interdisciplinaridade do ensino de química? Alguma vez você já realizou um

estudo espectroscópico em alguma amostra real? Se sim, qual amostra e em qual curso?

e) Relacione os conhecimentos construídos na prática de ensino aos conhecimentos adquiridos nos demais cursos das grandes áreas da química.

3. Resultados e Discussão

3.1. Caracterização dos sedimentos

Os resultados reportados foram aqueles encontrados e discutidos pelos próprios alunos.

Para comparação dos resultados obtidos na caracterização dos sedimentos (Tabela 1), foi utilizado como ferramenta estatística o teste *t de Student* com 99,9% de confiabilidade e 4 graus de liberdade.

Analisando os teores de matéria orgânica (MO), os sedimentos da amostra C apresentaram diferença significativa se comparado às demais amostras (aproximadamente 60% de diferença em comparação a amostra B e 100% para amostra A). A amostra A apresentou um teor menor de matéria orgânica (8,37%), porém esta diferença é insignificante se comparado ao teor da amostra B (10,72%).

Tabela 1. Resultados das caracterização das amostras de sedimentos

	Amostra A	Amostra B	Amostra C
Matéria orgânica (MO) / %	8,37 ± 0,13	10,72 ± 0,12	16,12 ± 0,21
TOC / g kg⁻¹	2,57 ± 0,15	3,14 ± 0,04	3,00 ± 0,12
Ácidos húmicos (AH) / %	4,00 ± 0,02	4,54 ± 0,1	3,50 ± 0,01

Em um levantamento bibliográfico feito pelos alunos constatou-se que, em geral, a atividade agrícola e pecuária tende a incorporar, frequentemente, matéria orgânica à cobertura do solo, o que interfere diretamente na qualidade e composição dos sedimentos presentes nesta região. Esta matéria orgânica é, em termos de decomposição física, química e biológica, recente. No tocante à atividade pecuária, esta matéria orgânica é proveniente dos dejetos dos animais em confinamento (gado de corte e leiteiro). No caso da atividade agrícola, têm-se os resíduos agrícolas, tais como folhas, cascas, produtos de podas, entre outros. Quanto aos sedimentos da área de preservação ambiental, ressalta-se o bioma desta área de proteção. O cerrado, diferente da maioria dos ecossistemas tropicais, apresenta um baixo teor de biomassa vegetal, principal fonte de matéria orgânica nos solos tropicais.¹²⁻¹³ Neste

sentido, justifica-se a disparidade entre os teores assim discutidos.

Analisando os teores de carbono orgânico total (TOC), nenhuma das amostras apresentou diferenças significativas entre si. Analisando os intervalos de confiança, os sedimentos das amostras B e C confluíram seus resultados. A amostra A apresentou menor teor de TOC.

Os teores dos ácidos húmicos não apresentaram diferenças significativas na comparação entre as três amostras de sedimento analisadas. As diferenças entre os teores de matéria orgânica e dos ácidos húmicos foram discutidas e interpretadas em função dos diferentes graus de humificação. Embora a amostra C possua um maior teor de matéria orgânica, provavelmente esta é pouco humificada, o que implica no menor teor de ácido húmico.³

A partir destas informações e interpretações os alunos puderam iniciar a discussão sobre qual amostra seria aquela destinada a agricultura, pecuária ou área de preservação ambiental.

Em resumo, a atividade agrícola e pecuária alteraram as propriedades e características químicas dos sedimentos inseridos em uma paisagem sob manejo e ação antrópica. Em geral, o parâmetro mais relevante foi o teor de matéria orgânica dos sedimentos, presente em maior quantidade nos sedimentos da amostra C.

3.2. Espectroscopia na região do infravermelho (FTIR)

Nas últimas décadas, muitos trabalhos de divulgação científica foram publicados com o intuito de identificar os grupos químicos presentes nos ácidos húmicos dos solos e sedimentos. Os espectros obtidos foram analisados de acordo com alguns destes trabalhos.¹⁴⁻¹⁶

Comparando os espectros das três amostras de sedimentos analisadas (**Fig. 1**), aparentemente todos apresentaram uma composição semelhante. Pequenas diferenças nas intensidades foram observadas em algumas bandas. Este fato está relacionado ao teor de certos constituintes na composição dos ácidos húmicos. Em seguida, encontra-se uma relação das principais bandas (grupos químicos) classificadas pelos estudantes (**Tab. 2**).

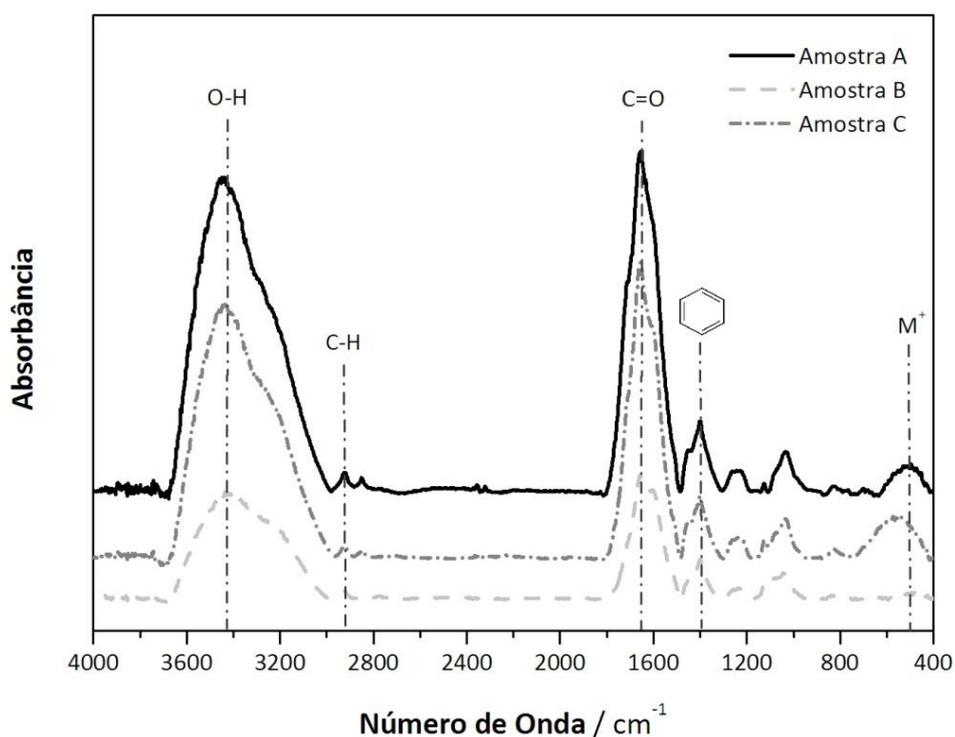


Figura 1. Espectros dos ácidos húmicos analisados na região do infravermelho com transformada de Fourier

Tabela 2. Grupos químicos caracterizados via espectroscopia na região do infravermelho

Comprimento de Onda / cm^{-1}	Grupo químico característico
3600 - 3070	Estiramento OH presentes em grande quantidade na matéria orgânica e na estrutura dos ácidos húmicos.
1700	Vibrações da ligação dupla entre os átomos de carbono e oxigênio pertencentes às cetonas, quinonas e grupos carboxílicos.
2918 - 2925	Vibração assimétrica de grupos metilenos e metis (evidenciam a presença de cadeias alifáticas na estrutura dos ácidos húmicos).
1456	Deformação angular das ligações C-H dos grupos CH_2 e CH_3 alifáticos.
1450 - 1500	Vibrações dos núcleos aromáticos (ligações duplas entre carbonos).
~ 500	Banda geralmente atribuída à presença de impurezas minerais presentes na estrutura dos ácidos húmicos.

3.3. Determinação do grau de humificação

O grau de humificação foi determinado via espectroscopia na região do ultravioleta-visível (método UV-Vis) e de fluorescência (métodos Milori e Kalbitz).

Analisando os espectros obtidos por meio do Método UV-Vis (**Fig. 2**), as amostras C e A se sobrepuseram em alguns pontos. A amostra B apresentou menor absorvância

nos dois comprimentos de onda analisados: 665 e 465 nm. O método que utiliza radiação UV-Vis não foi o adequado para diferenciar o grau de humificação das três amostras de sedimento analisadas (Tab. 3). Os intervalos de confiança obtidos se sobrepuseram para todos os três resultados calculados. Um teste estatístico t de Student indicou que não existem diferenças significativas entre as três amostras analisadas ($P < 0,05$ e 2 graus de liberdade).

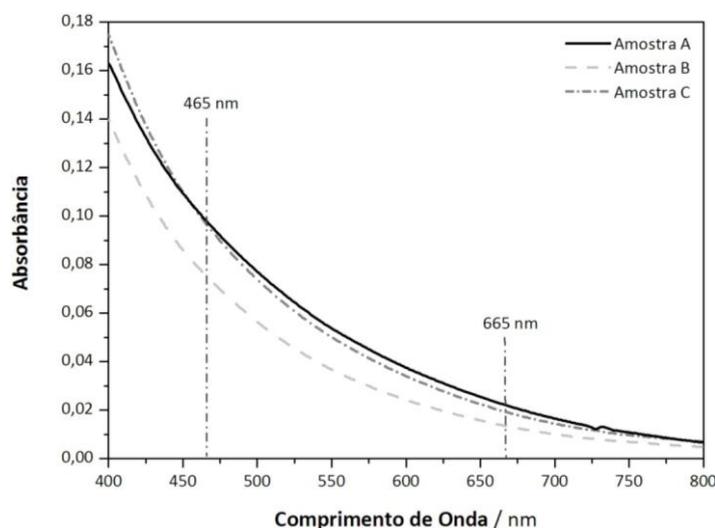
**Figura 2.** Espectros na região do UV-Vis dos ácidos húmicos analisados

Tabela 3. Grau de humificação determinados para as amostras de sedimento utilizando os métodos UV-Vis e EF (Milori e Kalbitz)

	Amostra A	Amostra B	Amostra C
Método UV-Vis	4,65 ± 0,64	5,23 ± 0,53	5,04 ± 0,23
Método Milori	(37,07 ± 1,80).10 ³	(26,13 ± 1,22).10 ³	(25,98 ± 1,01).10 ³
Método Kalbitz	2,19 ± 0,10	1,64 ± 0,29	1,79 ± 0,05

Devido à grande variedade de grupos cromóforos presentes nas moléculas dos ácidos húmicos, a espectroscopia de radiação visível não garante a seletividade dos grupos químicos que evidenciam a humificação da matéria orgânica. Este fato ocasiona a sobreposição de várias bandas, não existindo regiões com máximos de absorção bem definidos.

Em geral, os grupos fluoróforos detectados por fluorescência podem ser detectados também por espectroscopia na região do ultravioleta-visível (grupos cromóforos). Porém, nem todos os grupos que absorvem radiação na região do UV-Vis

possuem capacidade de fluorescer. Esse fato aumenta a seletividade dos métodos baseados na fluorescência e agrega mais valor aos resultados obtidos.¹⁷

Analisando os espectros obtidos por meio do método Milori (**Fig. 3**), a emissão da amostra A é visivelmente maior em comparação às demais, as quais se sobrepõem. Analisando seus graus de humificação (**Tab. 3**), as amostras B e C não apresentaram valores com diferenças significativas, já a amostra A se diferenciou de ambas as demais. Esta diferença foi de aproximadamente 30%.

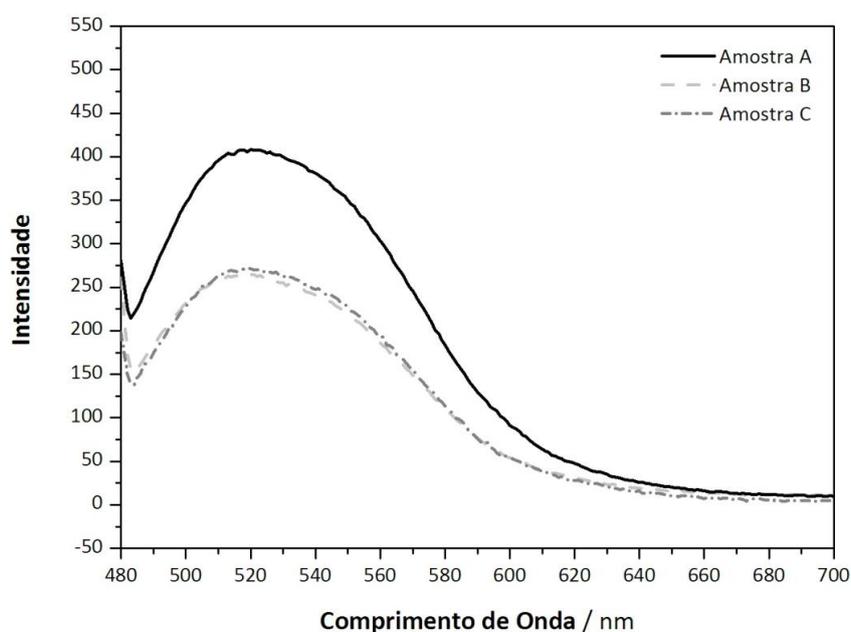


Figura 3. Espectros de fluorescência dos ácidos húmicos obtidos via método Milori

A mesma tendência dos resultados obtidos pelo método Milori foi observada nos espectros obtidos via método Kalbitz (**Fig. 4**). Os graus de humificação obtidos foram condizentes com aqueles alcançados por meio do método Milori. Os valores calculados

para as amostras B e C não apresentaram diferenças significativas. A amostra A se diferenciou das demais. A diferença entre os graus de humificação foi de aproximadamente 20%.

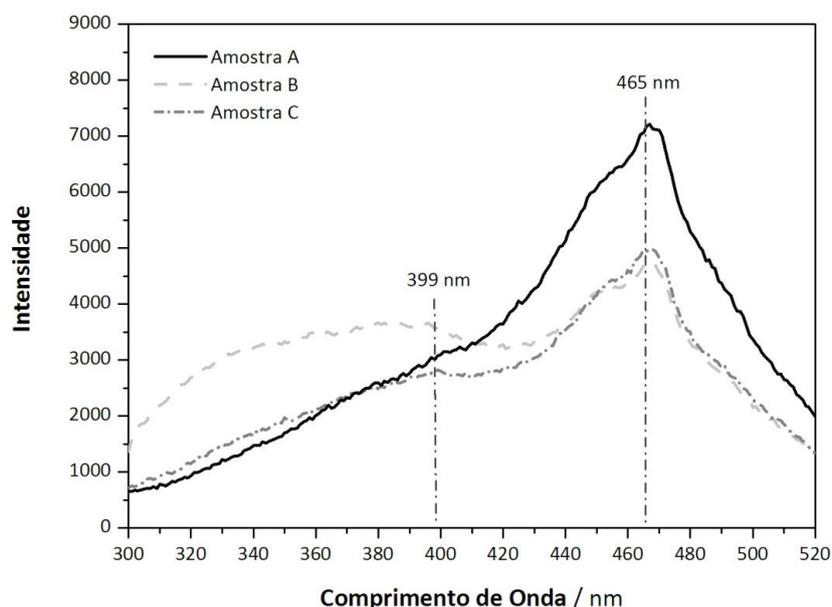


Figura 4. Espectros de fluorescência dos ácidos húmicos obtidos via método Kalbitz

Por permitir uma maior diferenciação dos valores obtidos, o método Milori se mostrou mais aplicável na determinação do grau de humificação. O método Kalbitz também apresentou bons resultados, mas não tão nítidos. O método UV-Vis não foi útil, uma vez que não conseguiu distinguir os graus de humificação das amostras analisadas. Neste sentido, considera-se a amostra A a mais humificada em comparação com ambas as demais, as quais não apresentaram diferenças significativas entre seus graus de humificação.

3.4. Identificação das amostras de sedimentos desconhecidas

Após quantificação dos teores de matéria orgânica, ácidos húmicos, TOC e ter-se determinado o grau de humificação dos sedimentos, pode-se inferir para cada amostra um uso dado ao solo.

Previamente, os alunos fizeram um levantamento bibliográfico sobre o impacto dos diferentes tipos de manejo do solo para as atividades agrícola e pecuária nas características e propriedades do solo e sedimentos.

Os sedimentos coletadas na área de preservação ambiental foram considerados amostras de referência. Por ser uma área pouco afetada, espera-se que este ambiente esteja preservado e minimamente alterado. A partir das transformações sofridas em decorrência da ação antrópica pode-se indicar qual amostra se deveu a outro referido uso: área agrícola ou pecuária.

Como resultado os alunos chegaram a seguinte conclusão:

Amostra A: Área de preservação ambiental

Amostra B: Área agrícola

Amostra C: Área pecuária

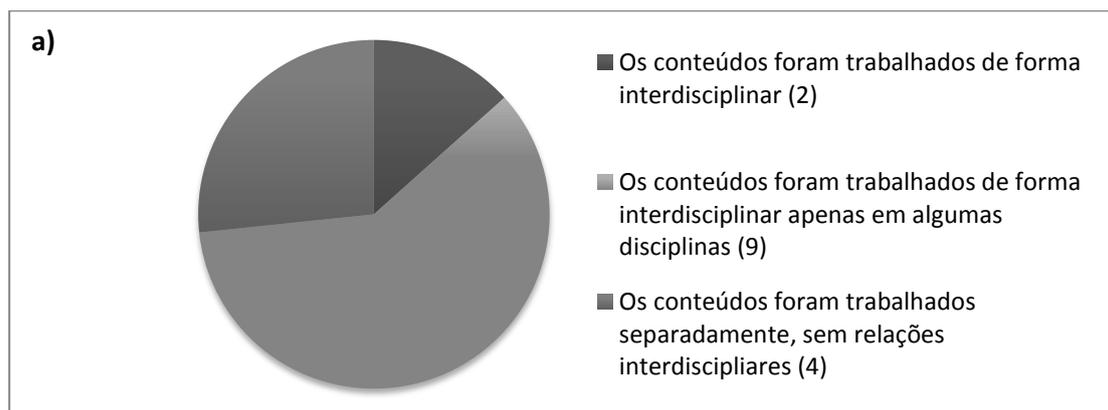
Para inferir quanto ao uso do solo dado à amostra A, a principal justificativa foi, principalmente, a pequena reposição de matéria orgânica no solo, o que se justifica pelo baixo teor de biomassa do cerrado enquanto bioma. Por ser pouco reposta, esta matéria orgânica possui maior tempo de residência sobre a cobertura do solo, o qual não é manejado. Assim, as condições para o processo de humificação são favorecidas em função do tempo. Neste sentido, a amostra A possui menor teor de matéria orgânica porém, em termos de humificação, esta é bem mais recalcitrante ou estabilizada.

Para inferir quanto às demais amostras, partiu-se da comparação entre as atividades agrícola e pecuária e a taxa de reposição de matéria orgânica na cobertura do solo. Considerando que esta reposição é bem intensa na atividade pecuária, considerou-se esta como sendo a amostra C. Além de ter maior teor de matéria orgânica, esta é a menos humificada. Assim, resta à amostra B a atividade agrícola, condizendo com as considerações feitas na conclusão desta atividade.

Os grupos alcançaram os resultados esperados. Os resultados e discussão foram apresentados na forma de seminário. Cada grupo apresentou suas considerações e, quando necessário, gerou-se discussão entre os grupos a fim de buscar-se um entendimento comum entre o estudo do recurso solo, seus usos e aplicações e, também, o uso das técnicas espectroscópicas UV-Vis e EF na determinação dos graus de humificação, além do uso do FTIR na caracterização dos grupos funcionais.

3.5. Estudo da interdisciplinaridade no ensino de química

Para realização deste estudo, inicialmente foram aplicados questionários para indagar aos alunos quanto à visão deles sobre o ensino de química no tocante a interdisciplinaridade. As respostas apresentadas foram contabilizadas (**Fig. 5**) e, os comentários mais relevantes foram transcritos no texto abaixo (citações em *itálico*).



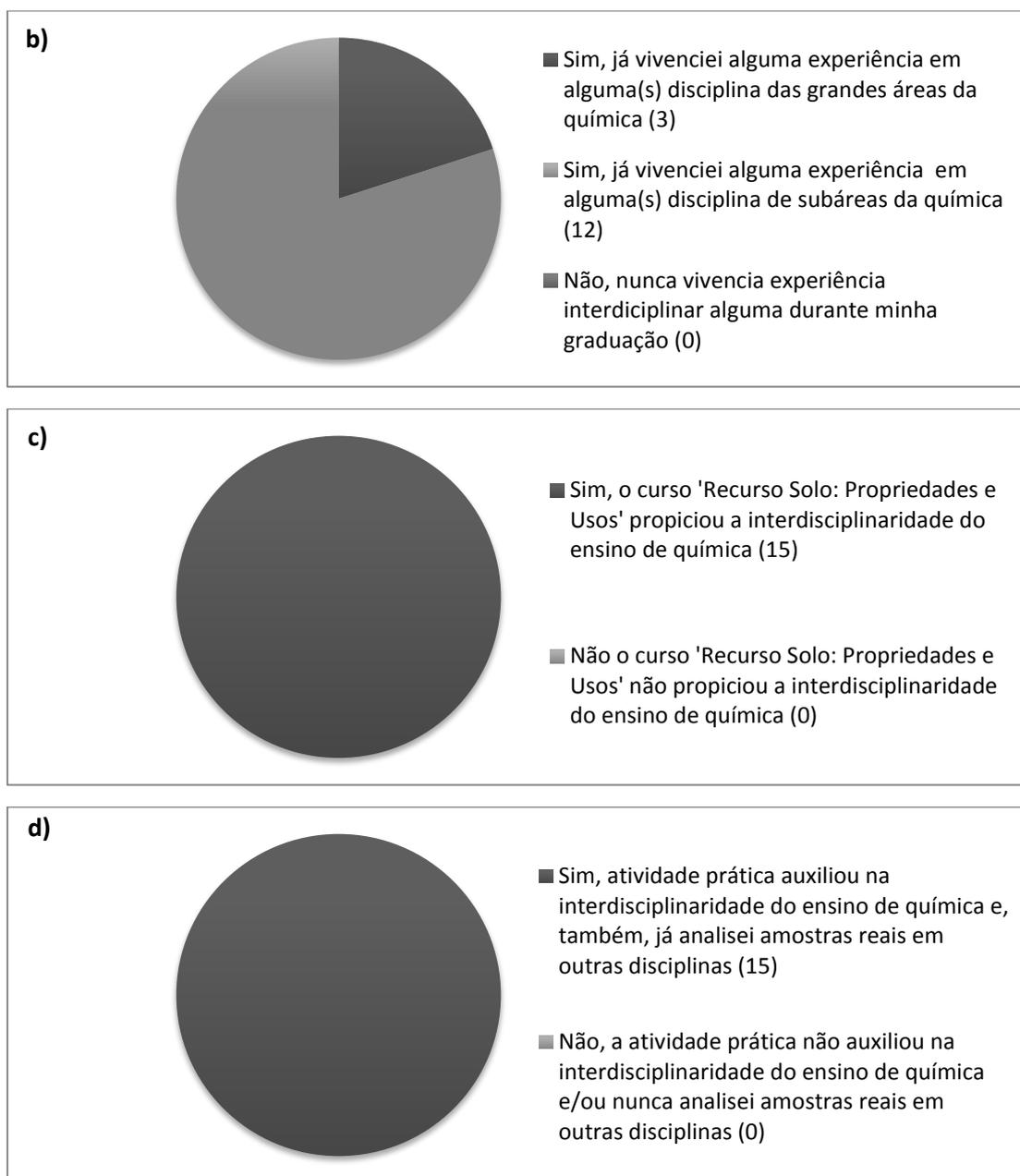


Figura 5. Respostas obtidas nos questionários aplicados para avaliação do estudo interdisciplinar realizado

Questionário aplicado no início do curso

Questão a) **"Como foram trabalhados os conteúdos das grandes áreas da química ao longo da graduação em Química? Separados (cada área dentro de seu curso) ou de forma interdisciplinar (com relações entre estas em alguma disciplina específica)?"**

A resposta mais comum foi que os conteúdos das grandes áreas são vistos separados na maioria das disciplinas, porém é comum

encontrar relações nos cursos de disciplinas específicas das ênfases (materiais, alimentos, ambiental e gestão da qualidade) oferecidas pelo IQSC – USP. Uma justificativa para este fato, de acordo a resposta dada por dois alunos, dá-se pela influência do docente, sua especificidade em uma área restrita, limitando sua visão geral sobre a ciência química. Apenas em 2 dos 15 questionários os alunos responderam que veem o ensino de química de forma interdisciplinar.

Questão b) **"Você já vivenciou alguma experiência interdisciplinar dentro da graduação em Química? Se sim, o curso era de alguma grande área da química ou de alguma subárea?"**

Em geral, os alunos disseram não ter vivenciado experiências interdisciplinares nas áreas principais da química, mas que é frequente em outras disciplinas como Microbiologia (que envolve bioquímica, inorgânica, físico-química, entre outras), e nas disciplinas da ênfase em ambiental: Química Ambiental da Água, Ciclos Biogeoquímicos, Laboratório de Química Ambiental, entre outras (que quase sempre envolve todas as grandes áreas). Alguns alunos disseram ter vivenciado experiências interdisciplinares nas grandes áreas como, por exemplo, Bioquímica, onde estuda-se as propriedades químicas e físico-químicas de moléculas orgânicas, citado por 3 alunos.

Questionário aplicado ao final do curso

Questão c) **"O curso 'Recurso Solo: Propriedades e Usos' propiciou a interdisciplinaridade do ensino de química? Se sim, de que maneira?"**

Todas as respostas dadas foram positivas, indicando que a disciplina trabalhou a interdisciplinaridade envolvendo as grandes áreas da química, favorecendo a construção do ensino-aprendizado nas mais diversas áreas do saber contidos na ciência química. Uma resposta obtida foi: *o solo é um sistema complexo e, para o seu entendimento completo, é necessário relacionar todas as áreas da química, como foi feito nesta disciplina.* Os alunos citaram correlações, por exemplo, entre a solução do solo e a química analítica, o processo de humificação à microbiologia, a matéria orgânica do solo à química orgânica, entre outros exemplos.

Questão d) **"A atividade prática desenvolvida auxiliou na interdisciplinaridade do ensino de química? Alguma vez você já realizou um estudo**

espectroscópico em alguma amostra real? Se sim, qual amostra e em qual curso?"

Todas as respostas foram positivas. Os alunos responderam que *precisaram aplicar parte dos conhecimentos já construídos nas grandes áreas para realização e entendimento da prática, seguido da confecção do relatório.* Dois alunos responderam que *a prática apresentou maior interdisciplinaridade que as outras experiências em outras disciplinas, pois relacionou um número bem maior de áreas.* Em geral, os alunos disseram ter trabalhado com amostras reais apenas com as subáreas e, principalmente, nas disciplinas de cromatografia, de análise instrumental e identificação de compostos orgânicos, caracterizando amostras de refrigerante, sucos, águas naturais, entre outras amostras.

Questão e) **"Relacione os conhecimentos construídos na prática de ensino aos conhecimentos adquiridos nos demais cursos das grandes áreas da química."**

Os alunos relacionaram principalmente o preparo das soluções analíticas e a solubilidade dos ácidos húmicos em solução alcalina à química analítica. O processo de humificação da matéria orgânica em quase todas as respostas foi relacionado à química orgânica e à bioquímica, além da identificação dos grupos orgânicos contidos na estrutura dos ácidos húmicos por meio de FTIR. À química inorgânica atribuiu-se os íons metálicos removidos dos sedimentos no processo de purificação dos ácidos húmicos via diálise. À físico-química foi relacionada quase em todas as respostas às técnicas espectroscópicas utilizadas (UV-Vis, EF e FTIR). Todas as respostas obtidas seguiram a mesma tendência e indicaram a compreensão dos conteúdos abordados além de permitir a construção de correlações e comparações, promovendo o aprendizado significativo.

4. Conclusões

Em virtude dos resultados apresentados, pode-se concluir que a atividade didática/prática proposta aos alunos da graduação em química (turma de Recurso Solo: Propriedades e Usos), foi enriquecedora e proveitosa, contribuindo para a aprendizagem significativa no que diz respeito aos conceitos teóricos e práticos envolvidos na execução da prática, bem como a utilização das técnicas espectroscópicas (UV-Vis, EF e FTIR) aplicadas à análise de amostras reais. Os questionários aplicados segundo o método *Survey* indicaram que a atividade proposta permitiu a articulação dos conhecimentos teóricos construídos isoladamente nas disciplinas das grandes áreas da química (orgânica, inorgânica, analítica, etc.), em um ambiente amplo em que os conceitos abordados foram observados, analisados e entendidos como fatos conectados.

Agradecimentos

Ao Programa de Aperfeiçoamento de Ensino (PAE) pelas bolsas concedidas aos autores e aos estudantes voluntários da Universidade de São Paulo – Instituto de Química de São Carlos.

Ao professor Dr. Luís César Schiesari (EACH – USP) por ceder as amostras de sedimentos utilizadas neste estudo.

Referências Bibliográficas

¹ Muggler, C. C.; Pinto Sobrinho, F. A.; Machado, V. A. Educação em solos: princípios, teoria e métodos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* **2006**, *30*, 733. [CrossRef]

² Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Algodao/AlgodaoIrrigado_2e_d/solos.html>. Acesso em: 21 junho 2013.

³ Landgraf, M. D.; Messias, R. A.; Rezende, M. O. O. *A Importância Ambiental da Vermicompostagem: Vantagens e Aplicações*, 1a. ed., São Carlos: Rima, 2005.

⁴ Becker, E. L. S. Solo e ensino. *Vidya* **2005**, *25*, 73. [Link]

⁵ Pombo, O. Interdisciplinaridade e integração de saberes. *Liinc. em Revista* **2005**, *1*, 3. [Link]

⁶ Ferreira, V. F. A interdisciplinaridade é desejável, mas o modelo não pode ser imposto. *Química Nova* **2012**, *35*, 1899. [CrossRef]

⁷ Nogueira, A. R. A.; Souza, G. B. *Manual de Laboratórios: Solo, Água, Nutrição Vegetal, Nutrição Animal e Alimentos*, 1a. ed. São Carlos: EMBRAPA Pecuária Sudeste, 2005.

⁸ Swift, R. S.; *Organic Matter Characterization - Methods of Soil Analysis: Chemical Methods*. Madison: Soil Science Society of America, 1996.

⁹ Milori, D. M. B. P.; Martin-Neto, L.; Bayer, C.; Mielniczuk, J.; Bagnato, V. S. Humification Degree of Soil Humic Acids Determined By Fluorescence Spectroscopy. *Soil Science* **2002**, *167*, 739. [CrossRef]

¹⁰ Kalbitz, K.; Geyer, W.; Geyer, S. Spectroscopic properties of dissolved humic substances - a reflection of land use history in a fen area. *Biogeochemistry* **1999**, *47*, 219. [CrossRef]

¹¹ Saab, S. C.; Martin-Neto, L. Anéis aromáticos condensados e relação E_4/E_6 : estudo de ácidos húmicos de gleissolos por RMN de ^{13}C no estado sólido utilizando a técnica CP/MAS desacoplamento defasado. *Química Nova* **2007**, *30*, 260. [CrossRef]

¹² Tognon, A. A.; Demattê, J. L. I.; Demattê, J. A. M. Teor e distribuição da matéria orgânica em latossolos das regiões da floresta amazônica e dos cerrados do Brasil central. *Scientia Agricola* **1998**, *55*, 343. [CrossRef]

¹³ Furley, P. A.; Ratter, J. A. Soil resources and plant communities of the central brazilian cerrado and their development. *Journal of Biogeography* **1988**, *15*, 97. [CrossRef]

¹⁴ Canellas, L. P.; Santos, G. A.; Rumjanek, V. M.; Moraes, A. A.; Guridi, F. Distribuição da matéria orgânica e características de ácidos

húmicos em solos com adição de resíduos de origem urbana. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* **2001**, *36*, 1529. [\[CrossRef\]](#)

¹⁵ Polak, J.; Sulkowski, W. W.; Bartoszek, M.; Papież, W. Spectroscopic studies of the progress of humification processes in humic acid extracted from sewage sludge. *Journal of Molecular Structure* **2005**, *744*, 983.

[\[CrossRef\]](#)

¹⁶ Nakanishi, K.; *Infrared Absorption Spectroscopy*, 2a. ed., Nankondo: Tokio, 1962.

¹⁷ Lakowicz, J. R.; *Principles of Fluorescence Spectroscopy*, 3a. ed., Springer: New York, 2004.