

Estabilização e Desestabilização da Matéria Orgânica do Solo: mecanismos e controles

José Igor Almeida Castro
Felipe Bonini da Luz
Christian Lopes

Maio - 2020



Geoderma 74 (1996) 65–105

GEODERMA

Stabilization and destabilization of soil organic matter: mechanisms and controls

Phillip Sollins, Peter Homann, Bruce A. Caldwell

Department of Forest Science Oregon State University Corvallis, OR 97331, USA

Received 1 December 1993; revised 26 July 1995; accepted 3 April 1996

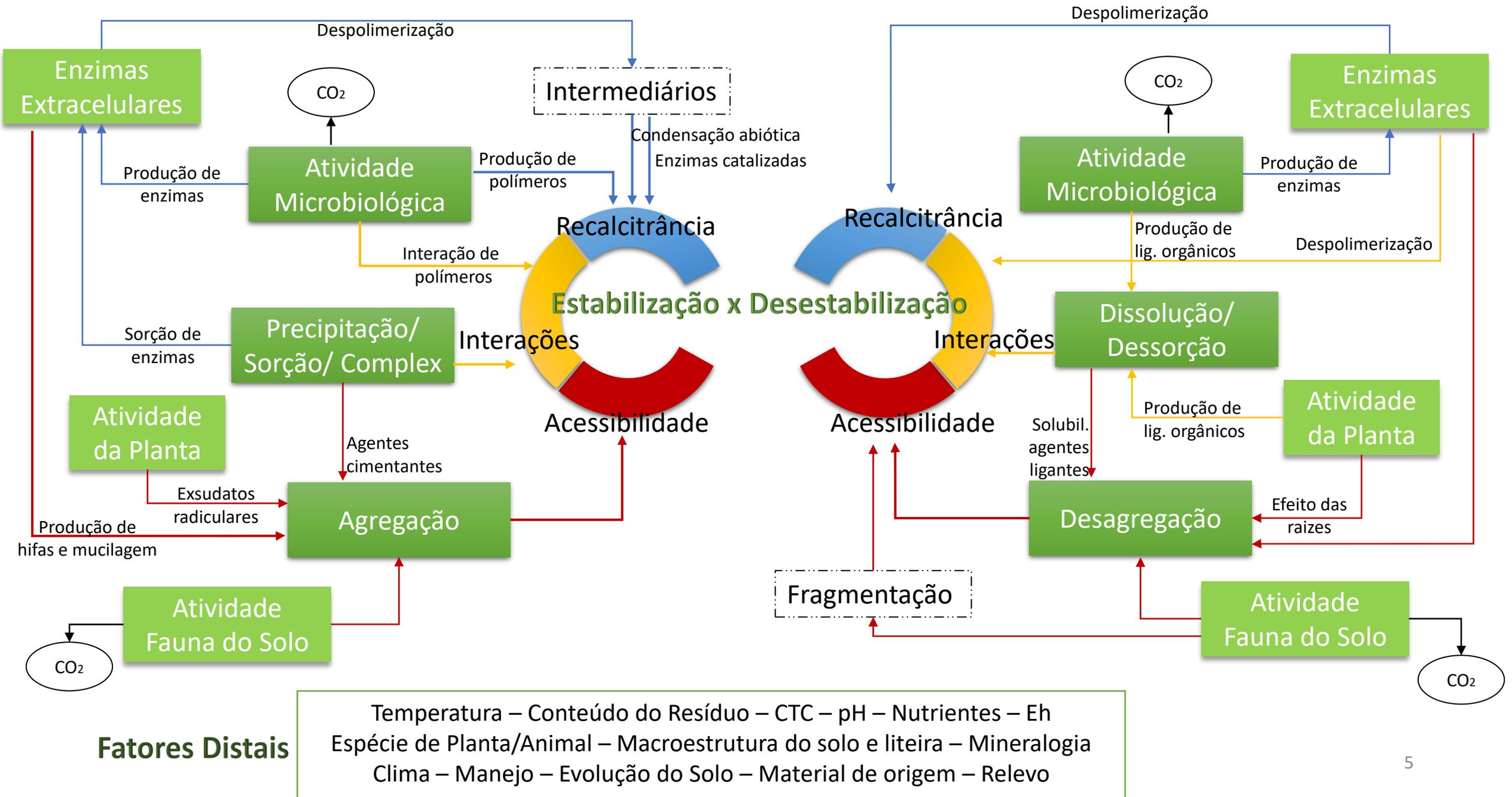
Estrutura do artigo

- Modelo conceitual dos processos (Anderson, 1979; Oades, 1988)
- Estabilização x Desestabilização
- Efeitos de fatores de influência proximal
- Efeitos de fatores de influência distal
- Efeitos de fatores de formação do solo
- Considerações Finais e direções futuras

Introdução



Diagrama dos processos



Composição da Liteira

- Taxa de degradação da liteira definida pela razão lignina/ N-solúvel e lignina/ tanino;
- Escalas de interação molecular e perda de massa seca;
- Composição do resíduo e sua relação com a MOS ao longo do tempo;
- Foco nos processos de estabilização e desestabilização.



Estabilização



Recalcitrância



Atividade microbiana
Enzimas extracelulares

Interações



Atividade microbiana
Precipitação
Complexação
Adsorção

Acessibilidade



Atividade microbiana
Agregação
Fauna do solo
Atividade de plantas

Potencial de reduzir
perdas da MOS por
respiração, erosão e
lixiviação

Estabilização

Recalcitrância

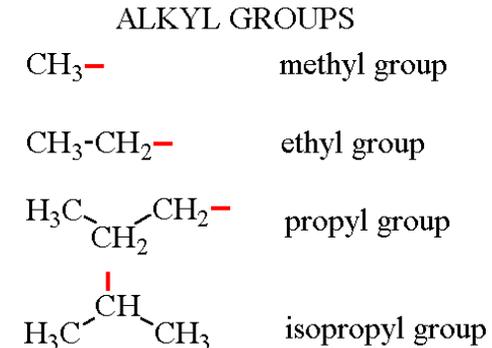
Atividade microbiana Enzimas extracelulares

- ❖ Degradação seguida por síntese/condensação
 - Formação de moléculas complexas
- ❖ Polimerização direta (atividade microbiana)
- ❖ Características químicas da MOS (grupos funcionais)*
 - Alkyl (alta estabilidade)
 - aromáticos
 - carboxílicos

*Degradação seletiva

Síntese de metabólitos

- Ácidos orgânicos
- Polissacarídeos
- Pigmentos aromáticos
- Enzimas extracelulares



Estabilização

Recalcitrância

Atividade microbiana
Enzimas extracelulares

Exemplos de velocidade de degradação

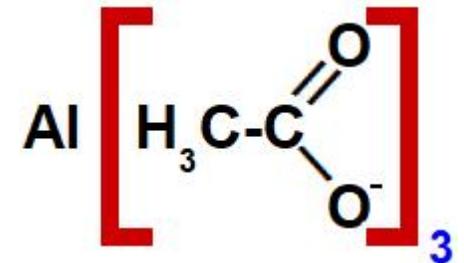
Composto orgânico	% degradação (semanas de incubação)			
	1	4	12	52
Glucose	63	73	77	-
Celulose	27	52	78	-
Azotobacter	62	73	-	-
Aspergillus	-	2	4	9

Estabilização

Interações

Atividade microbiana
Precipitação
Complexação
Adsorção

- Produção de agentes cimentantes (polissacarídeos) pela atividade microbiana
- Interação com a fração argila (Sesquióxidos de Ferro e Alumínio)
 - Pontes de cátions (Ca, Mg) - (minerais com carga permanente)
 - Ponte de H
 - Forças de Van der Waals
- Troca de ligantes (grupos funcionais)
- Complexação de grupos funcionais com Ferro e Alumínio



Estabilização

Acessibilidade

Formação de agregados no solo

- hifas fungicas
- pontes entre partículas minerais por bactérias
- pontes entre partículas por polissacarídeos

Liberação de ácidos exudatos radiculares

Aproximação de partículas pelo crescimento radicular

Ciclos de umedecimento e secagem

Atividade microbiana
Agregação
Fauna do solo
Atividade de plantas

Agentes cimentantes



Térmitas

Colêmbolos

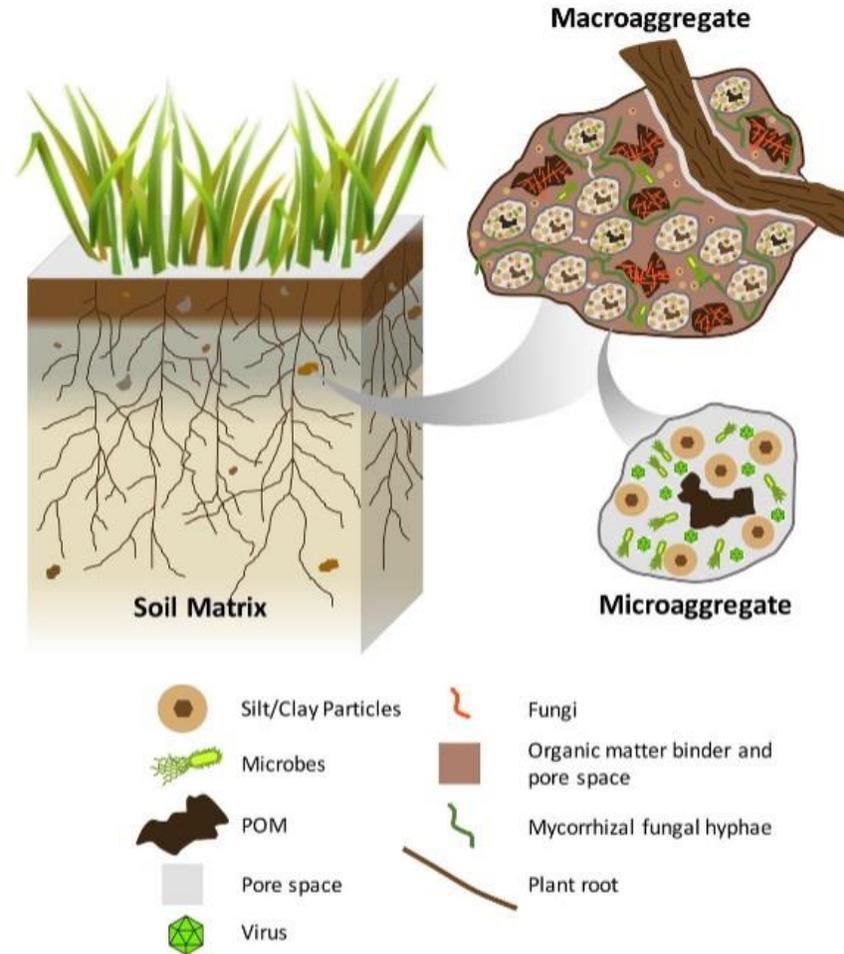
Coleopteros

Oligoquetas



Estabilização

Acessibilidade



Atividade microbiana
Agregação
Fauna do solo
Atividade de plantas



Fonte: Wilpiseski et al. (2019)

Desestabilização



Recalcitrância



Enzimas extracelulares

Interações



Atividade microbiana
Dissolução
Dessorção
Descomplexação

Acessibilidade



Atividade microbiana
Desagregação
Fragmentação
Fauna do solo

Processos que tornam
substâncias orgânicas
menos resistentes à
degradação

Desestabilização

Recalcitrância

Despolimerização

- Bem estudado para constituintes plantas e microrganismos (celulose, lignina, etc);
- Processo predominantemente extracelular (moléculas envolvidas são grandes);
- Descoloração da fração de ácidos húmicos do solo (estudos in vitro);
- Mecanismos envolvendo enzimas peroxidase, parecidas com ligninase;
- Enzimas que hidrolisam polissacarídeos podem ser chave para o processo.

Desestabilização

Interações

Reações de dissolução / dessorção

- Experimento: carboidrato extraído e reintroduzido no solo – rapidamente degradado (1 – 6 anos); níveis de carboidrato em solo não alterado mudou pouco;
- Inacessibilidade ou interação molecular;
- ^{14}C lábil, com fluorescência – determinar a dessorção de quinolina da superfície de argilas:

Pré-requisito para degradação do CO_2 .

- Sedimentos marinhos – simples dessorção de compostos orgânicos com água destilada:

↑ 30 – 40 vezes taxa de degradação.

Desestabilização

Acessibilidade

Fragmentação

- Quebra física de detritos em partes menores;
- Folhas pinheiro – 1 cm = dobro da taxa inicial de degradação;
- Exposição de área superficial ao ataque de microrganismos;
- ↑ 300 vezes área – ↑ 3 vezes degradação;
- Fragmentação mecânica de liteira de faia – ↓ velocidade de degradação.

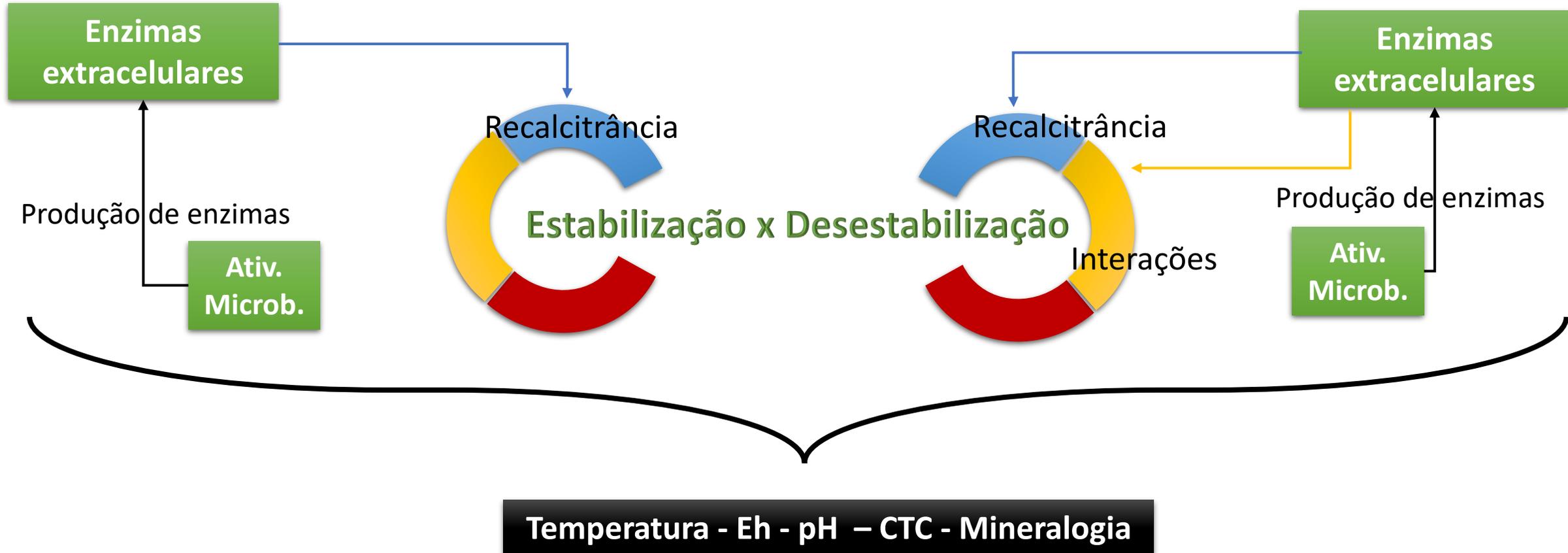
Desestabilização

Acessibilidade

Desagregação

- Revolvimento: áreas com plantas C_4 por 17 anos \rightarrow plantas C_3 ;
- Diferença ^{13}C – plantio convencional dobra a taxa de perda de C org. acumulado;
- \uparrow aeração promovida pelo rompimento de agregados;
- Cultivo em solos ricos em MO pode levar a um rápido decréscimo do conteúdo de MOS (> 40 anos);
- Cultivo em solos pobres em MO pode aumentar o conteúdo de MOS;

Efeitos de Fatores Distais



Controles sobre atividade dos microrganismos

Temperatura e Umidade

- Influencia nos microrganismos por influenciarem vegetação;

Níveis de nutrientes

- Limitantes no crescimento dos microrganismos – adição estimula aumento da população e atividade;
- Competição entre diferentes tipos de decompositores;

Agregação

- Correlação positiva entre biomassa bacteriana e volume de poros com $0,2 - 1,2 \mu\text{m}$ de diâmetro;
- Sobrevivência de microrganismos adicionados ao solo correlacionada ao teor de argila.

Efeitos dos Fatores de Formação do Solo

- Material de origem – efeitos na mineralogia e macroestrutura;
- Fatores de formação não são independentes;
- Manejo e perturbação
 - fertilidade e erodibilidade → + tempo → topografia;
- MOS pode interferir no clima
 - armazenando CO₂ e outros gases.



Considerações finais e Direções futuras

- Framework de integração dos processos;
- Mudanças no estudo da dinâmica da MOS;
- Padronização de unidades e formas de avaliação;
- Atenção devida aos processos de interações inter-moleculares na atividade de enzimas;
- Carência de resultados experimentais em diferentes condições ambientais e bem definidas, bem como experimentos bem delineados para isolar os efeitos de um determinado processo;
- Sugestões para outros modelos conceituais de estabilização e desestabilização;
- Base para modelos de simulações matemáticas.