



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO**

SCUOLA DELLE SCIENZE DI BASE E APPLICATE

Corso di Laurea in Scienze e Tecnologie Geologiche

Dipartimento delle Scienze della Terra e del Mare

**Rimozione simultanea di metalli e coloranti da reflui  
industriali mediante adsorbimento su  
Montmorillonite**

TESI DI LAUREA DI  
**ROBERTO ROTELLA**

RELATORE  
**DOTT.SSA LUCIANA SCIASCIA**  
CORRELATORE  
**PROF. MARCELLO MERLI**

---

ANNO ACCADEMICO 2015 - 2016

MAGISTRALE



## RIASSUNTO

Una delle problematiche più serie nel trattamento di un refluo industriale è legata alla contemporanea presenza di inquinanti di diversa natura. La comunità scientifica è ad oggi impegnata nella ricerca di metodologie che permettano non solo di rimuovere contemporaneamente i diversi tipi di sostanze, ma anche di separarli per un eventuale riutilizzo. La varietà dei legami che si instaurano tra i siti di adsorbimento dei minerali argillosi e le specie adsorbite e la loro dipendenza da parametri esterni, quali il pH e la presenza di sostanze funzionalizzanti, rendono l'adsorbimento su argille particolarmente promettente per fronteggiare questo problema.

Alla luce di queste considerazioni, in questo lavoro di tesi, si è pensato di simulare un processo di depurazione tramite adsorbimento su argille di un ipotetico refluo industriale utilizzando due inquinanti *modello*: un colorante, il Cristal Violetto, e un metallo, il Ce(III).

Come argilla si è deciso di utilizzare la montmorillonite, le cui proprietà adsorbenti sono ben documentate in letteratura

Si è scelto di utilizzare questi inquinanti sia per la loro alta tossicità riguardo l'ambiente e la salute dell'uomo, sia perché spesso volte si ritrovano nello stesso refluo e di conseguenza è importante poterli eliminare entrambi o comunque in modo selettivo.

Le varie prove che si sono susseguite sono state eseguite in condizioni di elevata acidità del refluo (pH 3) ed in condizioni di neutralità (pH 7).

Il processo di adsorbimento è stato monitorato, determinando la quantità di inquinante adsorbito nelle varie condizioni mediante il metodo spettrofotometrico utilizzando uno spettrofotometro UV-visibile *diode-array Analytic Jena S600*.

In primo luogo è stato simulato il processo di adsorbimento di un refluo che contenesse alternativamente solo uno degli inquinanti e si sono analizzati i risultati delle sospensioni montmorillonite/CV e montmorillonite/Ce a pH e 3 e 7.

Nella *tabella 1* si mostra l'effetto del pH nel processo di adsorbimento degli inquinanti sulla MMT, espresso come percentuale:

	pH 3	pH 7
CV	73%	95%
Ce(III)	0	50%

*Tabella 1: percentuali di adsorbimento del CV e del Ce(III) a pH 3 e pH7.*

Nel *grafico 1* sono rappresentate le isoterme di adsorbimento del CV a pH 3 e pH 7; nella *tabella 2* vi sono riportati i relativi parametri:

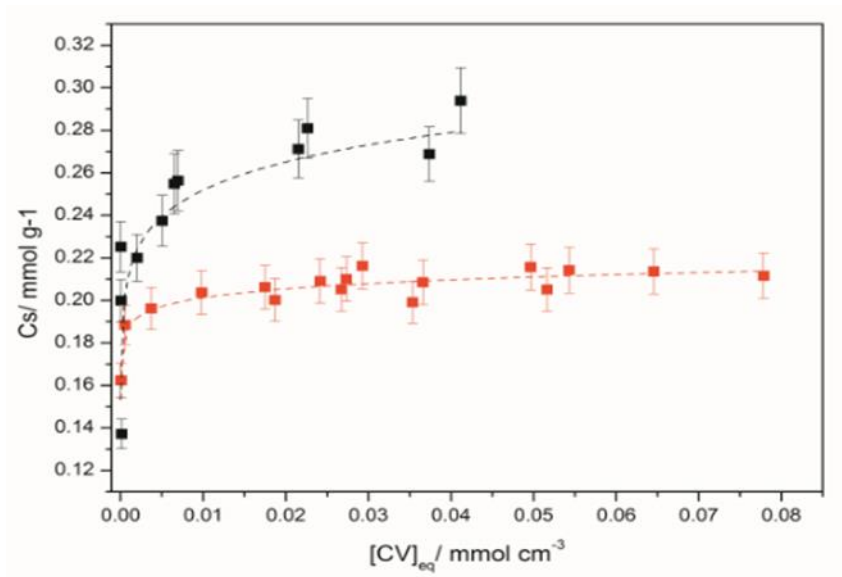


Grafico 1: isoterme di adsorbimento del CV a pH 3 (rosso) ed a pH 7 (nero). Fitting dei dati tramite la Freundlich.

pH	3	7
$K_F$ ( $\text{cm}^3 \text{mmol}^{-1}$ )	$0.23 \pm 0.003$	$0.35 \pm 0.04$
$n$	$0.029 \pm 0.002$	$0.07 \pm 0.02$
$R^2$	0.91	0.63

Tabella 2: tabella riassuntiva dei parametri delle isoterme di adsorbimento del CV a pH 3 e pH 7 utilizzando l'equazione di Freundlich.

Nel grafico 2 sono rappresentate le isoterme di adsorbimento del Ce(III) a pH 3 e pH 7; nella tabella 3 vi sono riportati i relativi parametri:

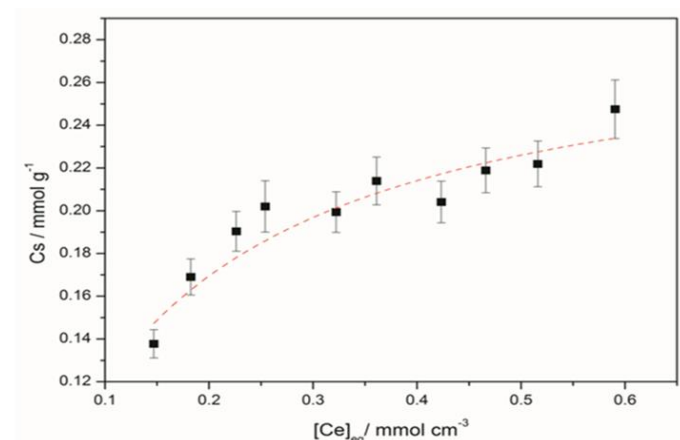


Grafico 2: isoterma di adsorbimento del Ce(III) a pH 7. Fitting dei dati tramite la Langmuir. Tabella 3.

pH	7
$q^m$ ( $\text{mmol g}^{-1}$ )	$0.29 \pm 1$
$K_L$ ( $\text{cm}^3 \text{mmol}^{-1}$ )	$7 \pm 1$
$R^2$	0.63

Tabella 3: tabella riassuntiva dei parametri delle isoterme di adsorbimento del Ce(III) a pH 7 utilizzando l'equazione di Langmuir.

I risultati ottenuti mostrano che:

Il Ce(III) non si adsorbe sulla MMT a pH 3. E' stato effettuato un tentativo di adsorbimento del Ce(III) sulla MMT a pH 5, ma anche in questo caso l'adsorbimento è nullo.

La percentuale di adsorbimento del Ce(III) a pH 7 è minore rispetto a quella del CV a pH 7

Il CV si adsorbe in misura maggiore sulla MMT a pH 7 rispetto al pH 3

L'isoterma di adsorbimento relativa al CV è la Freundlich, mentre per il Ce è la Langmuir. Questo risultato indica che il processo di adsorbimento avviene con diverse modalità per ognuno degli inquinanti.

Alla luce dei risultati ottenuti, si è pensato di sfruttare il diverso comportamento dei due inquinanti al variare del pH, per mettere a punto una procedura di rimozione e separazione delle due specie da un ipotetico refluo che li contenesse entrambi.

A tale scopo sono stati testati due diversi protocolli:

#### *Protocollo 1*

Una soluzione a pH 3 contenente quantità uguali dei due inquinanti è stata trattata secondo la metodica già messa a punto nella prima parte della tesi, con una sospensione di MMT a pH 3 al fine di rimuovere soltanto il CV.

Successivamente il surnatante ottenuto dalla centrifugazione è stato portato a pH 7 (e trattato con MMT a pH 7).

L'analisi dei risultati ottenuti ha mostrato come il protocollo proposto consente la rimozione e separazione dei due inquinanti e potrebbe quindi essere applicato alla decontaminazione di un refluo industriale contenente queste due classi di composti.

#### *Protocollo 2*

Una soluzione a pH 7 contenente quantità uguali dei due inquinanti è stata trattata secondo la metodica già messa a punto nella prima parte della tesi, con una sospensione di MMT a pH 7 al fine di rimuovere entrambi gli inquinanti.

Successivamente il surnatante ottenuto dalla centrifugazione è stato portato a pH 3 (e trattato con MMT a pH 3)

L'analisi dei risultati ha mostrato che il protocollo proposto consente la rimozione di entrambi gli inquinanti, tuttavia non risulta efficace per il rilascio selettivo del Cerio al pH 3.

Infine è possibile affermare che se si è interessati alla rimozione selettiva dei due inquinanti è possibile seguire le procedure descritte nel protocollo 1

32

Mentre se l'interesse verte nell'eliminazione di entrambe le specie inquinanti senza una separazione degli stessi, è possibile seguire le procedure descritte nel protocollo 2.