

L'efficacia dell'apprendimento in rete degli immigrati digitali. L'esperienza SMART per le discipline scientifiche.

Anna Brancaccio¹, Massimo Esposito¹, Marina Marchisio², Claudio Pardini³
¹MIUR- DGO

Viale Trastevere, 76/A – 00135 Roma
anna.brancaccio@istruzione.it
massimo24.esposito@istruzione.it

² Università di Torino - Dipartimento di Matematica G. Peano
Via Carlo Alberto, 10 - 10123 Torino
marina.marchisio@unito.it

³IS Carlo Anti
Via Magenta, 7 - 37069 Villafranca di Verona (VR)
dirigente@carloanti.it

*È noto che gli adolescenti, cosiddetti “nativi digitali” sono sempre più attivi in reti sociali e comunità di pratiche nelle quali, in **modo informale** per lo più, emergono **forme di apprendimento** spesso basate su dinamiche partecipative. Anche gli adulti cosiddetti “immigrati digitali” stanno, molto spesso per ragioni di necessità, diventando attivi in reti sociali e comunità di pratica, dove però le **forme di apprendimento** avvengono in **modo formale** piuttosto che informale. Sicuramente c'è un legame tra la modalità di apprendimento e i mezzi utilizzati per la realizzazione, la distribuzione e la fruizione di contenuti di formazione/orientamento. Nella realizzazione di Open Online Courses per la matematica, la fisica e le scienze nell'ambito del programma Erasmus+, si è tenuto conto sia della differenza nell'uso delle nuove tecnologie da parte degli immigrati digitali (insegnanti), sia del legame tra la tassonomia della struttura del corso e i contenuti specifici disciplinari. I corsi diretti a insegnanti possono essere utilizzati anche dagli studenti purché opportunamente strutturati per la fruizione da parte di nativi digitali (studenti).*

1. Introduzione

In questi anni (dal 2000, circa) è cambiata la logica di produzione e fruizione dei contenuti oggetto di formazione ed orientamento. Grazie alle caratteristiche creative e manipolative dei media digitali, le pratiche di realizzazione, distribuzione e consumo di contenuti sono profondamente cambiate. E' necessario, per rispondere alle esigenze sia dei nativi digitali che degli

immigrati digitali, costruire modelli didattici innovativi destinati alla formazione e all'orientamento professionali.

Occorre delineare il quadro entro cui dare forma a un nuovo modello di formazione/orientamento rispetto a quello in presenza o a realtà mista (on line e in presenza) e di proposta educativa, tra formale e informale, sostenuta dai media digitali. Occorre cioè individuare strategie di didattica mediale per lo sviluppo e la fruizione di contenuti innovativi, multimediali e interattivi, indipendentemente dal settore disciplinare. Il progetto “**SMART**”, Science and Mathematics Advanced Research for good Teaching, attivato nell'ambito del programma Erasmus+, azione 2 (Partenariato Strategico), prevede la costruzione di due **OO** (Open Online Courses) nell'ambito della Matematica (Mathematical Modelling) e delle Scienze (Observing, measuring and Modelling in Science) per la formazione/aggiornamento degli insegnanti, condivisi a livello transnazionale (Italia, Germania, Olanda, Svezia e Ungheria) sia nella metodologia didattica adottata che nei contenuti. L'apprendimento in tale modalità nell'ambito della Matematica e delle Scienze è reso più efficace? E' possibile un apprendimento formale da parte degli insegnanti (immigrati digitali) attraverso un corso erogato interamente in modalità e-learning? I due OOC potranno essere utilizzati per l'apprendimento degli studenti (nativi digitali) migliorando i loro risultati?

2. Forme di apprendimento in rete: MOOC, piattaforme e comunità di pratica

MOOC è un termine attribuito per la prima volta al corso “Connectivism and Connective knowledge” tenuto da George Siemens e Stephen Downes nel 2008. I Massive Open Online Courses (MOOCs) sono eventi di apprendimento on-line [R. Kop e H. Fournier, 2010] che possono avvenire in modo sincrono o in modo asincrono anche per mesi. I partecipanti [J. Mackness et al, 2010] si riuniscono per ascoltare, vedere e partecipare alla comunicazione backchannel durante le lezioni dal vivo. L'apprendimento avviene attraverso reti auto-organizzate di partecipanti; è una metodologia quasi completamente decentralizzata con la quale individui e gruppi creano blog o wiki commentando il lavoro degli altri e ogni individuo o gruppo pubblica il proprio feed RSS, che sono aggregati automaticamente da uno strumento speciale, liberamente disponibile, detto gRSShopper. I MOOCs sono una applicazione pratica di una teoria dell'apprendimento noto come "connettivismo" [J. Mackness et al, 2013] che colloca l'apprendimento nelle reti di connessioni effettuate tra gli individui e tra i testi. Il pioniere dei MOOC - Stephen Downes - spiega che nella gestione del corso l'attenzione è rivolta allo sviluppo di una struttura di rete piuttosto che ad una struttura di gruppo. In una struttura di rete non vi è alcun punto centrale, per esempio non esiste una discussione centrale. Questa è anche la ragione per cui egli ritiene che la cifra di 150 partecipanti attivi, detto numero di Dunbar, è la linea di demarcazione per parlare di 'massa'. Tale numero di Dunbar

rappresenta il numero massimo (teorico) di persone con cui una persona può ragionevolmente interagire. La partecipazione è volontaria e non controllata.

Per e-learning (o apprendimento on-line, forma di insegnamento in rete) si intende l'uso delle tecnologie multimediali e di Internet per migliorare la qualità dell'apprendimento facilitando l'accesso alle risorse e ai servizi. Un Learning Management System (LMS) è **la piattaforma applicativa** che permette l'erogazione dei corsi in modalità e-learning al fine del raggiungimento delle finalità previste dal progetto educativo. Il Learning Management System si occupa della distribuzione dei corsi on-line, dell'iscrizione degli studenti e del tracciamento delle attività on-line. Esempi di LMS sono Moodle, Docebo, Ilias.

La terza modalità di apprendimento in rete, **comunità di pratica**, è quella che chiamiamo collaborativa che avviene comunque all'interno di piattaforme e-learning. In questa soluzione la valenza della "classe virtuale" e della condivisione / collaborazione diventa centrale. I contenuti del corso sono fluidi e dinamici e in un certo senso viene meno la distinzione tra contenuto e supporto, poiché il contenuto nasce proprio nell'interazione e nella negoziazione tra i partecipanti e il tutor; in questo caso il tutor/docente diventa un moderatore e animatore di comunità di apprendimento. L'apprendimento è visto come costruzione dialogica. In qualche caso si può parlare di attività propriamente collaborative o cooperative, intendendo con il termine "collaborazione" l'operare congiunto di un gruppo verso un obiettivo comune attraverso interventi reciproci e condivisi e col termine "cooperazione" l'operare orientato al conseguimento di un obiettivo comune attraverso strategie basate sulla divisione del lavoro. È una strada molto congeniale all'apprendimento "per problemi/progetti". Alla base c'è l'idea che l'interazione sociale rappresenti un agente di rilievo nell'apprendimento. La partecipazione dei soggetti alla vita della comunità può essere più o meno intensa; la forza delle online learning communities risiede principalmente nella capacità di generare processi di continua affiliazione e di mutuo apprendimento.

2.1 L'apprendimento in rete per nativi digitali e immigrati digitali

L'apprendimento in rete non si differenzia per l'esperienza e/o la confidenza nell'utilizzo delle nuove tecnologie bensì nell'approccio alla conoscenza. Certamente al momento in cui scriviamo il docente appartiene generalmente alla categoria dell'*immigrato digitale* mentre lo studente a quella del *nativo digitale*, distinzione destinata ad esaurirsi nel corso di una o due generazioni. Analizziamo allora il ruolo del docente nella fase di aggiornamento (in qualità di studente) e nella fase di facilitatore (in qualità di docente). Il docente (*immigrato digitale*) nella fase di apprendimento conserva un approccio sistematico strutturato e sequenziale nei confronti dell'apprendimento: necessità di manuali, di esempi, di esercitazioni, di una grammatica e una sintassi (nel significato più ampio dei termini). D'altra parte il nuovo ruolo di facilitatore dell'apprendimento richiede un'abitudine ed un'attitudine diverse dalla trasmissione tradizionale dei

contenuti: il docente deve saper porre problemi e indirizzare gli studenti verso differenti strategie risolutive ponendosi all'interno della comunità classe coordinando e stimolando la partecipazione e l'acquisizione di competenze. Deve quindi, in questo senso, ridurre la distanza dal *nativo digitale* che in modo naturale ha un approccio sperimentale alla conoscenza, fatto di prove, tentativi e acquisizione di abilità al di fuori di uno studio rigoroso.

Il salto di qualità per il docente avviene nella partecipazione ad una comunità di apprendimento e quindi nella partecipazione a forum di discussione e di confronto in una piattaforma di e-learning. In questo contesto il docente si trova ad operare in un mondo generalmente sconosciuto, una comunità virtuale fatta di persone fisiche che hanno i medesimi problemi e sono alla ricerca di soluzioni per un'attività di insegnamento (ormai sempre più apprendimento) che si adatti alle nuove generazioni. Il docente, da sempre solitario in classe schivo al confronto e alla collegialità scopre la collaborazione e la cooperazione traendone vantaggio e sperimenta in prima persona i benefici dell'apprendimento attivo. Questa fase è di fondamentale importanza perché non è possibile attuare una didattica innovativa se la propria esperienza si basa unicamente sullo studio e sull'esercizio. L'apprendimento in rete deve poggiarsi su paradigmi rinnovati, così come un libro elettronico non può solamente esaurirsi nella trasformazione da formato cartaceo a formato digitale anche i Corsi On Line devono presentarsi in maniera innovativa, sfruttando e ottimizzando lo strumento digitale in modo da privilegiare l'aspetto costruttivista senza fornire soluzioni rigide, definite e immutabili a beneficio di contenuti dinamici e modellabili secondo le necessità. La didattica del *problem posing and solving*, presa a modello nel progetto SMART, si basa sulla relazione stimolo-processi risolutivi. Il docente nel ruolo di facilitatore deve sapere "dove andare" e orientare lo studente nella ricerca di soluzioni attraverso la documentazione, il confronto, la revisione e la sistematizzazione.

3. Ruolo delle ICT nella didattica in rete delle Scienze e della Matematica: l'esperienza SMART.

A livello sistemico il progetto SMART, di durata biennale (novembre 2014-ottobre 2016) porterà ad un incremento della qualità della formazione degli insegnanti producendo materiali didattici innovativi e incrementando le opportunità di formazione mediante l'utilizzo di materiale online fruibile in modo libero: gli *open online courses (OOC)*. Gli stessi insegnanti beneficiari del progetto potranno utilizzare i materiali prodotti per la didattica in classe. Di seguito si analizzano le problematiche generali relative all'uso delle ICT nella didattica delle scienze e nella didattica della matematica.

3.1 Ruolo delle ICT nella didattica delle Scienze: l'esperienza SMART.

Le pratiche e le metodiche di insegnamento delle Scienze nella scuola stanno attraversando un periodo di forti, radicali cambiamenti. Il modello

didattico tradizionale, basato sulla trasmissione dei contenuti e su un approccio rigidamente logico-deduttivo, è ormai riconosciuto come insufficiente a coinvolgere e motivare la maggior parte degli studenti e inadatto a stimolare l'autonomia intellettuale e il pensiero critico; inoltre l'apprendimento che esso produce, essendo in massima parte scollegato dall'osservazione e dall'esplorazione della natura, risulta di norma estremamente fragile e volatile.

Il passaggio *dall'insegnamento dei contenuti delle scienze all'insegnamento delle scienze* [Osborne e Hennessy, 2003] richiede un profondo cambiamento nel modo di insegnare, che non può prescindere dall'acquisizione di una consapevolezza e di nuove competenze da parte del docente.

In questo quadro, la crescente importanza e pervasività delle "Information and Communication Technologies" (ICT) propone grandi opportunità e sfide per i sistemi di istruzione, con particolare riguardo all'insegnamento e all'apprendimento delle scienze. Dal punto di vista dell'organizzazione della didattica, questi strumenti consentono di:

- supportare e semplificare lo svolgimento di compiti onerosi e ripetitivi, come calcoli particolarmente complessi o trattamento di grandi quantità di dati, consentendo così di dedicare più tempo al ragionamento, all'interpretazione, all'argomentazione;
- avere accesso a molteplici fonti di informazione, mantenendo un contatto costante con l'attualità e con gli sviluppi correnti del pensiero scientifico;
- ottenere riscontri grafici/visuali con immediatezza, per verificare modelli o ipotesi;
- condividere informazioni ed esperienze, stimolando l'apprendimento collaborativo;
- simulare fenomeni e situazioni sperimentali, costruendo semplici modelli tramite applicazioni informatiche.

Quest'ultimo punto in particolare è di rilevante importanza in prospettiva: la realizzazione di simulazioni informatiche consente di riflettere in profondità sulla natura del fenomeno indagato, di affrontare gli aspetti quantitativi e quelli relativi alle unità di misura, di distinguere tra le problematiche relative al modello e le caratteristiche intrinseche del fenomeno.

Le ricerche indicano che l'impatto visuale della simulazione interattiva tramite strumenti informatici in genere migliora la comprensione dei concetti scientifici: la possibilità di fare previsioni e di verificarle immediatamente sviluppa le capacità di indagine e di speculazione [Huppert et al., 2002; Trindade et al., 2002] e contribuisce a ridurre la progressiva perdita di interesse degli studenti verso le scienze, che costituisce un punto di particolare criticità dei sistemi di istruzione [Murphy, 2003]. La realizzazione di applicazioni informatiche di simulazione richiede però una specifica competenza tecnica da parte del docente, o una collaborazione sistematica con il docente di informatica.

In generale è ormai consolidata la consapevolezza del fatto che è illusorio pensare che la semplice introduzione delle ICT trasformi la didattica delle

scienze e consenta di cogliere pienamente le opportunità educative che esse offrono; il ruolo fondamentale è svolto dal docente, che deve riuscire a creare le condizioni per cui l'inserimento delle ICT nella pratica scolastica si traduca effettivamente in competenze degli studenti. Ciò significa progettare delle attività, predisporre dei materiali, gestire i tempi e gli spazi d'aula, stimolare e guidare gli studenti, incoraggiandone l'autonomia di ricerca e sperimentazione.

Molto spesso, invece, la tecnologia viene inserita in un contesto didattico più o meno tradizionale; in altre parole, la pedagogia tradizionale e i contenuti da trasmettere continuano a costituire il framework di riferimento, in cui le ICT vengono inserite come strumento di complemento, senza determinare un nuovo approccio didattico (basta pensare all'uso che si fa delle LIM nella grande maggioranza delle aule italiane). Ciò dipende sostanzialmente da due ordini di motivi: da un lato, una ancora insufficiente padronanza degli strumenti ICT da parte degli insegnanti, anche se questo problema è meno rilevante per gli insegnanti di matematica e scienze [Commissione Europea, 2011]; dall'altro, la mancanza di preparazione specifica sulle metodologie didattiche "attive". Quest'ultimo fattore è probabilmente il punto di maggiore criticità, in quanto le metodologie "student-centered" sono la vera chiave per l'innovazione didattica; e va sottolineato che per quanto esse si integrino alla perfezione con l'uso delle ICT, e consentano di valorizzarle appieno dal punto di vista didattico, il loro utilizzo potrebbe anche prescindere in buona misura dalle tecnologie.

Sulla base di queste considerazioni, il progetto Erasmus+ SMART ha seguito, per la parte relativa all'insegnamento delle scienze, un approccio che si può sintetizzare nei seguenti punti fondamentali:

- centralità della piattaforma integrata di e-learning e condivisione;
- enfasi sulle metodologie: il progetto fornisce, nell'ambito dell'OOC dedicato alle scienze, materiali incentrati prevalentemente sugli aspetti metodologici. Le "lezioni" e le schede di lavoro guidano il docente nel costruire segmenti di "didattica laboratoriale", non sono semplicemente "esperimenti" da condurre nel "laboratorio" tradizionale;
- focus sugli insegnanti: la piattaforma e-learning è riservata agli insegnanti, che studiano, adattano, modificano i materiali didattici. Il lavoro in classe avviene nella seconda fase del progetto, quando il docente ha acquisito sufficiente consapevolezza e dimestichezza con essi;
- condivisione: gli insegnanti lavorano con gli stessi materiali, prodotti e sperimentati da altri colleghi, e producono feedback esperienziali che possono essere utili ad altri insegnanti;
- circolarità: le ICT costituiscono uno strumento forte di lavoro, gli insegnanti sperimentano in prima persona la semplicità e i benefici della condivisione e del lavoro cooperativo attraverso una piattaforma e-learning integrata. Al contempo, le ICT giocano un ruolo fondamentale all'interno dei percorsi didattici suggeriti, mostrando tutta la loro versatilità: acquisizione ed elaborazione di dati, presentazione di risultati

in forma di grafici, immagini, filmati, raccolta e condivisione di informazioni;

- respiro internazionale: l'attività viene proposta in contesti culturali, linguistici e scolastici profondamente diversi. È evidente che i feedback provenienti da realtà eterogenee rendono i materiali prodotti più robusti e significativi.

Il progetto si inserisce, da questo punto di vista, in una tendenza europea: mentre fino a pochi anni fa [IEA TIMSS, 2007] si registrava un uso saltuario delle apparecchiature informatiche nelle scuole, e comunque orientato prevalentemente alla ricerca di informazioni o alla effettuazione di calcoli, attualmente nella maggior parte dei paesi europei l'uso delle ICT in chiave di innovazione delle metodologie didattiche è fortemente promosso dalle "policies" educative [Commissione Europea, 2011].

Di seguito (Fig. 1) una esemplificazione della struttura dei materiali resi disponibili sulla piattaforma SMART per gli insegnanti partecipanti.

The screenshot shows the SMART platform interface. At the top, there is a navigation bar with 'SMART', 'Home', 'My courses', 'Project Activities', 'MMS2015', 'A. Methods in Science', and 'The Mole concept: counting without counting'. Below this is a 'TABLE OF CONTENTS' section with a list of activities: 'Real Life', 'Problem solving', 'Brainstorming', 'Balancing masses', 'Balancing masses_2', 'Is an insoluble problem?', 'Define a "bolt mass unit"', 'Mass of Bolts', 'Weight of n bolts', 'Solutions of the problem', 'Exercise 1', and 'Exercise 2'. A 'NAVIGATION' section on the left lists 'Home', 'My home', 'Site pages', 'My profile', 'Current course', 'MMS2015', 'Participants', 'General', 'A. Methods in Science', 'Lab Teaching Methodology', and 'The Mole concept: counting without...'. The main content area is titled 'The Mole concept: counting without counting' and contains the text 'The quantity of matter: why and how the mole concept', 'Brainstorming', and a list of questions: 'Q. Could we put on the plates the same number of different objects?', 'A. The scale will be not balanced!', 'Q. When the scale will be balanced?', and 'A. When we will have a different number of object'. Below the text is an image of several bolts of different sizes on a wooden surface. The page also includes an 'Observation' section: 'Observation: If we try to balance bolts of different size over two scale plates, their number will be surely different. The crucial step is to find bolt mass rates!'.

Fasi dell'attività

Scheda di lavoro

Navigazione OOC

Fig.1 – Struttura dei materiali resi disponibili sulla piattaforma SMART

3.2 Ruolo delle ICT nella didattica delle Matematica: l'esperienza SMART.

Nella costruzione dell'OOC Mathematical Modelling si è cercato di costruire un percorso innovativo che offra agli insegnanti di matematica riflessioni sulla metodologia del problem posing and solving, condivisa da tutti i partner, realizzata attraverso l'utilizzo delle ICT. In particolare all'interno dell'ambiente virtuale di apprendimento messo a disposizione, gli insegnanti trovano materiali

interattivi preparati con un ambiente di calcolo evoluto e un sistema di valutazione automatica integrati con una piattaforma Moodle che consentono loro di attuare un insegnamento della matematica come processo costruttivo e non come processo trasmissivo. Le motivazioni di questa scelta sono state dettate dalla necessità di

- far capire agli studenti attraverso le attività didattiche che la matematica è pervasiva e utile per risolvere problemi quotidiani,
- facilitare l'apprendimento dei concetti matematici,
- rafforzare le competenze logiche-matematiche-informatiche utili per interpretare la realtà e prendere decisioni.

La scelta delle ICT è stata condivisa a monte con i partner dei diversi ambiti disciplinari per le opportunità che esse offrono descritte nel paragrafo precedente. L'utilizzo dell'ambiente di calcolo evoluto Maple e del sistema di valutazione automatica MapleT.A. ha consentito di preparare materiali interattivi di tipologie differenti: contenuti multimediali, contenuti testuali, componenti interattive, immagini, animazioni, test con percorsi individuali a risposta automatica e feedback personalizzati. Essi hanno un forte impatto cognitivo sull'apprendimento della matematica. In primo luogo promuovono un ruolo attivo dello studente che apprende: quando usa un file Maple può scrivere, calcolare, provare diverse operazioni un numero elevato di volte, notando le differenze e gli errori, ai quali può porre rimedio con una semplice modifica dei comandi; la paura di sbagliare si attenua, ogni inesattezza viene messa in luce dal computer e può essere corretta con un semplice click. Lo studente è inoltre obbligato a prestare la massima attenzione al linguaggio matematico perché il software possa interpretare correttamente i comandi: tale sforzo giova alla comprensione e alla memorizzazione dei concetti studiati. Con i grafici e le animazioni in due e tre dimensioni la matematica diventa dinamica, concreta e interessante e le applicazioni alle altre discipline appaiono naturali. Le componenti interattive messe a disposizione permettono di esaminare tutti gli aspetti del problema proposto e costruire modelli di soluzione. I test creati con Maple T.A. non chiedono solo di scegliere tra opzioni suggerite, collegare frasi già scritte, trascinare e spostare oggetti presenti nel foglio, tutte attività cognitivamente passive, ma prevedono invece che sia lo studente a scrivere, completare, inserire formule ed espressioni. Tutto questo richiede un ragionamento indipendente, un approccio attivo e personale, promuovendo così un apprendimento autentico. Il sistema si presenta estremamente versatile anche per l'autovalutazione.

The screenshot shows an interactive learning interface. On the left, under the heading "CHOOSING THE RIGHT ACCOMODATION", there is a "Problem" section with a text-based scenario about two sisters, Elizabeth and Sara, looking for a flat in Milan. Below the problem is a "Resolution" section with a list of tasks: "Creating the Basic Model", "Creating an Advanced Model", "Creating an Open Model", and "The Mathematics behind the problem". On the right, the "Resolution" section is expanded to show "Creating the Basic Model". It includes instructions to use a city map, a list of locations (Boconni University, Polytechnic, Clara's house, The Park, Volley gym), and a small map with icons. Below the map, there is a table of distances from the Polytechnic to other locations.

Route	Distance (Km)
Polytechnic - Clara's house	1,5
Polytechnic - Park	2,4
Polytechnic - Gym	3,6
Polytechnic - University	5

Fig.2 – Esempio di materiale interattivo disponibile sulla piattaforma SMART

Gli insegnanti partecipanti al progetto hanno contribuito attivamente alla preparazione dei materiali interattivi attraverso la sperimentazione in classe e la restituzione di feedback. Gli studenti hanno mostrato entusiasmo e curiosità di fronte alle nuove risorse digitali e grande facilità nell'utilizzo. Questo ha consentito di calibrare meglio il contenuto rispetto alle esigenze didattiche effettive e di articolare in maniera più conveniente i vari moduli e le unità in base agli obiettivi formativi. Per poter sperimentare i materiali gli insegnanti sono stati opportunamente formati mediante mini corsi erogati attraverso un sistema di webconference integrato con la piattaforma moodle di Smart e un tutoring a distanza tramite forum. I prodotti multimediali utilizzati per la formazione degli insegnanti sono stati raccolti e organizzati in modo tale da poter esser fruibili in maniera autonoma da coloro che decideranno di utilizzare l'open on line course. Tutte le risorse e le attività proposte sono scritte in EasyReading (EasyReading, <http://www.easyreading.it/>), font ad alta leggibilità progettato per essere letto senza difficoltà sia da persone affette da disturbi specifici dell'apprendimento, sia da individui sani.

4. Conclusioni

L'esperienza SMART può essere la dimostrazione che, nonostante le difficoltà di utilizzo da parte di immigrati digitali (insegnanti) delle ICT nella formazione, la facilità di fruizione dei corsi ma soprattutto la condivisione dei materiali, porta sicuramente a migliorare l'efficacia dell'azione formativa. Il salto di qualità per l'insegnante avviene nella partecipazione ad una comunità di apprendimento, una comunità virtuale fatta di persone fisiche che hanno i medesimi problemi e sono alla ricerca di soluzioni per un'attività di insegnamento che si adatti alle nuove generazioni. Nei settori di intervento, inoltre, volendo promuovere la metodologia del problem solving e dell'approccio laboratoriale, l'uso di piattaforme e-learning per la condivisione di problemi e di

esperienze di laboratorio, porterà ad una produzione a cascata di buone prassi a garantire così la sostenibilità e la trasferibilità dei risultati del progetto.

Bibliografia

[IEA TIMSS, 2007] AA.VV., Trends in International Mathematics and Science Study (TIMSS) 2007, International Association for the Evaluation of Educational Achievement (IEA), 2007.

[Commissione Europea, 2011] AA.VV., Key Data on Learning and Innovation through ICT at School in Europe 2011, Education, Audiovisual and Culture Executive Agency (EACEA P9 Eurydice), 2007.

[Huppert et al., 2002] Huppert, J., et al., Computer simulations in the high school: students' cognitive stages, science process skills and academic achievement in microbiology, International Journal of Science Education, 24 (8), 2002, 803-821.

[R. Kop e H. Fournier, 2010] R. Kop, H. Fournier, New Dimensions to Self-Directed Learning in an Open Networked Learning Environment, International Journal of Self-Directed Learning, Vol. 7, No. 2, 2010, 1-19.

[J. Mackness et al, 2010] J. Mackness, S.F.J. Mak, R, Williams, The Ideals and Reality of Participating in a MOOC, Proceedings of the 7th International Conference on Networked Learning, 2010, 266-274.

[J. Mackness et al, 2013] J. Mackness, M. Waite, G. Roberts, E. Lovergronve, Learning in a Small Task-Oriented, Connectivist MOOC: Pedagogical Issues and Implications for Higher Education, The International Review of Research in Open and Distance Learning, Vol. 14, No. 4, 2013, 1-9.

[Osborne e Hennessy, 2003] J. Osborne, S. Hennessy, Literature Review in Science Education and the Role of ICT: Promise, Problems and Future Directions, NESTA Futurelab Research report, report 6, 2003.

[Murphy, 2003] Murphy, C., Literature review in primary science and ICT. Bristol: NESTA Futurelab <http://www.nestafuturelab.org/research/reviews/psi01.htm>, 2003.

[Trindade et al., 2002] Trindade, J., et al., Science learning in virtual environments: a descriptive study, British Journal of Educational Technology, 33 (4), 2002, 471-488.